

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1932

THÈSE

N°

246

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Maurice DUBOIS

Né le 27 mai 1908, à Doullens (Somme)  
Ex-Interne des Hôpitaux d'Amiens

L'ASSAINISSEMENT  
DE L'EAU DE BOISSON  
DANS LES CASERNES  
ET DANS LES CAMPS MILITAIRES

*Président : M. L. TANON, professeur*

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE  
JOUVE & C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1932



FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1932

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

**Maurice DUBOIS**

Né le 27 mai 1908, à Doullens (Somme)

Ex-Interne des Hôpitaux d'Amiens

---

L'ASSAINISSEMENT  
DE L'EAU DE BOISSON  
DANS LES CASERNES  
ET DANS LES CAMPS MILITAIRES

---

*Président : M. L. TANON, professeur*

---

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

---

1932

## I. — PROFESSEURS

|                                                                | MM.               |
|----------------------------------------------------------------|-------------------|
| Anatomie . . . . .                                             | ROUVIERE.         |
| Anatomie médico-chirurgicale et chirurgie expérimentale . .    | GRÉGOIRE.         |
| Physiologie . . . . .                                          | BINET.            |
| Physique médicale . . . . .                                    | STROHL.           |
| Chimie médicale . . . . .                                      | DESGREZ.          |
| Bactériologie . . . . .                                        | LEMIERRE.         |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale . . . . .         | BRUMPT.           |
| Pathologie et thérapeutique générales . . . . .                | BAUDOUIN.         |
| Pathologie médicale . . . . .                                  | CLERC.            |
| Pathologie chirurgicale . . . . .                              | LENORMANT.        |
| Anatomie pathologique . . . . .                                | ROUSSY.           |
| Histologie . . . . .                                           | CHAMPY.           |
| Pharmacologie et matière médicale . . . . .                    | TIFFENEAU.        |
| Thérapeutique . . . . .                                        | LOEPER.           |
| Hygiène et médecine préventive . . . . .                       | TANON.            |
| Médecine légale . . . . .                                      | BALTHAZARD.       |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie . . . . .           | MÉNÉTRIER.        |
| Pathologie expérimentale et comparée . . . . .                 | RATHERY.          |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie . . . . .             | Maurice VILLARET. |
| Clinique médicale . . . . .                                    | CARNOT.           |
|                                                                | BEZANÇON.         |
|                                                                | ACHARD.           |
|                                                                | Marcel LABBÉ.     |
| Hygiène et clinique de la première enfance . . . . .           | LEREBOULLET.      |
| Clinique des maladies des enfants . . . . .                    | NOBECOURT.        |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale. | H. CLAUDE.        |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques . . . . .      | GOUGEROT.         |
| Clinique des maladies du système nerveux . . . . .             | GUILLAIN.         |
| Clinique des maladies infectieuses . . . . .                   | TEISSIER.         |
|                                                                | DELBET.           |
| Clinique chirurgicale . . . . .                                | CUNÉO.            |
|                                                                | LEJARS.           |
|                                                                | GOSSET.           |
| Clinique ophtalmologique . . . . .                             | TERRIEN.          |
| Clinique urologique . . . . .                                  | LEGUEU.           |
|                                                                | COUVELAIRE.       |
| Clinique d'accouchements . . . . .                             | BRINDEAU.         |
|                                                                | JEANNIN.          |
| Clinique gynécologique . . . . .                               | J.-L. FAURE.      |
| Clinique chirurgicale infantile et orthopédie . . . . .        | OMBREDANNE.       |
| Clinique thérapeutique médicale . . . . .                      | VAQUEZ.           |
| Clinique oto-rhino-laryngologique . . . . .                    | SEBILEAU.         |
| Clinique thérapeutique chirurgicale . . . . .                  | Pierre DUVAL.     |
| Clinique propédeutique . . . . .                               | SERGENT.          |
| Clinique de la tuberculose . . . . .                           | Léon BERNARD.     |
| Professeurs sans chaire . . . . .                              | MAUCLAIRE.        |
|                                                                | MULON.            |



## II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

### MM.

ALAJOUANINE. Neurologie et Psychiatrie.

N. . . . . Physiologie.

AUBERTIN . . Pathologie médicale.

BÉNARD (H.) . Pathologie médicale.

BROCQ. . . . Pathologie chirurgicale.

BRULÉ. . . . Pathologie médicale.

CADENAT. . . Pathologie chirurgicale.

CATHALA. . . Pathologie médicale.

CHABROL . . Pathologie médicale.

CHEVALLIER. Pathologie médicale.

DE GAUDART D'ALLAINES. Pathologie chirurgicale.

DOGNON. . . Physique.

DONZELOT. . Pathologie médicale.

ÉCALLE . . . Obstétrique.

FEY. . . . . Urologie.

GARNIER. . . Pathologie expérimentale.

GASTINEL . . Bactériologie.

GATELLIER. . Pathologie chirurgicale.

GIROUD . . . Histologie.

HARVIER. . . Pathologie médicale.

HAZARD . . . Pharmacologie.

HOVELACQUE Anatomie.

HUGUENIN . . Anatomie pathologique.

HUTINEL . . . Pathologie médicale.

JOANNON . . Hygiène.

### MM.

LABBÉ (Henri) Chimie biologique.

LAROCHE (G.) Pathologie médicale.

LEMAITRE . . Oto-rhino-laryngologie.

LEVEUF . . . Pathologie chirurgicale.

LÉVY-VALENSI. Neuro-psychiatrie.

LIAN . . . . . Pathologie médicale.

MILLOT . . . Histologie.

MONDOR. . . Pathologie chirurgicale.

MOREAU . . . Pathologie médicale.

MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.

MOURE. . . . Pathologie chirurgicale.

OBERLING . . Anatomie pathologique.

OLIVIER . . . Anatomie.

PIÉDELIÈVRE Médecine légale.

PORTES . . . Obstétrique.

QUÉNU. . . . Pathologie chirurgicale.

RICHET. . . . Physiologie.

SANNIÉ . . . Chimie biologique.

SÉZARY. . . . Dermatologie et Syphiligraphie.

VALLERY-RADOT

(Pasteur) . . Pathologie médicale.

VAUDESCAL. Obstétrique.

VELTER . . . Ophtalmologie.

VERNE. . . . Histologie.

VIGNES . . . Obstétrique.

## III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

### POUR LE SERVICE DES EXAMENS

#### MM.

BUSQUET . . Pharmacologie.

GUÉNIOT . . Obstétrique.

LEQUEUX . . Obstétrique.

LEROUX. . . Anatomie pathologique.

#### MM.

NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.

RETTERER . . Histologie.

ZIMMERN . . . Physiologie.

# IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

## A TITRE PERMANENT

MM.

ABRAMI. . . Clinique médicale.  
 CHIRAY. . . Clinique médicale.  
 DEBRE. . . Clinique médicale.  
 DUVOIR. . . Clinique médicale.  
 FIESSINGER. Clinique médicale.  
 LAIGNEL-LAVASTINE. Clinique médicale.  
 BASSET. . . Clinique chirurgicale  
 CHEVASSU. . Clinique chirurgicale

MM.

HEITZ-BOYER Clinique chirurgicale.  
 MATHEU. . . Clinique chirurgicale.  
 MOCQUOT. . Clinique chirurgicale.  
 PROUST. . . Clinique chirurgicale.  
 SCHWARTZ. . Clinique chirurgicale.  
 LE LORIER Clinique chirurgicale.  
 LEVY-SOLAL. Clinique obstétricale.  
 METZGER. . . Clinique obstétricale.

## V. — CHARGÉS DE COURS

|                                                 |                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MM. MAUCLAIRE, professeur sans chaire . . . . . | } Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour es accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes adultes. |
| FREY . . . . .                                  |                                                                                                                                         |
| CHAILLEY-BERT. . . . .                          | Stomatologie.                                                                                                                           |
| LEDoux-LEBARD. . . . .                          | Education physique.                                                                                                                     |
| WEIL-HALLE. . . . .                             | Radiologie clinique                                                                                                                     |
|                                                 | Puériculture.                                                                                                                           |

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR TANON

Professeur d'Hygiène à la Faculté de Médecine de Paris

*Qui nous a donné l'idée de ce travail.*

*Hommage respectueux.*

A MESSIEURS LES MEMBRES DU JURY

A M. LE MÉDECIN LIEUTENANT-COLONEL PILOD

Professeur agrégé au Val-de-Grâce

A M. LE MÉDECIN LIEUTENANT-COLONEL CRISTAU

Médecin des Hôpitaux Militaires

*Qu'ils soient assurés de notre vive  
gratitude pour les bons conseils qu'ils  
ont bien voulu nous donner.*

A MES MAÎTRES DE LA FACULTÉ  
DE MÉDECINE DE PARIS

A TOUS MES PROFESSEURS DE L'ÉCOLE  
DE MÉDECINE ET DES HOPITAUX D'AMIENS

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

*Je dédie ce modeste ouvrage,  
témoignage de ma reconnais-  
sance et de ma profonde affec-  
tion.*

A MA MÈRE BIEN-AIMÉE

A MA CHÈRE FIANCÉE

A TOUTE MA FAMILLE ET A MES AMIS

*Que ceux de mes camarades d'Internat qui vécut-  
rent joyeusement avec moi quelques années dans la  
salle de garde, veuillent bien trouver ici avec mes  
regrets de n'être plus des leurs, l'assurance de ma  
vive amitié.*

# L'ASSAINISSEMENT DE L'EAU DE BOISSON DANS LES CASERNES ET DANS LES CAMPS MILITAIRES

---

## *Introduction.*

L'eau, liquide de première nécessité, sert comme agent de propreté à l'hygiène du corps, au lavage du linge, au nettoyage des locaux, c'est-à-dire aux usages domestiques. Elle sert également à la nutrition ; au point de vue alimentaire, elle est nécessaire aux préparations culinaires, et surtout elle constitue la boisson principale du soldat.

Cette eau d'alimentation doit satisfaire à certaines qualités primordiales ; et de tout temps, cette question de potabilité de l'eau a été envisagée par les médecins militaires avec les plus grands soins.

La question de l'approvisionnement en eau potable dans les collectivités militaires est de la plus haute importance, en temps de paix comme en temps de guerre, et pose le problème suivant : assurer une quantité suffisante d'une eau de bonne qualité.

Dans l'armée, on considère que 120 litres d'eau sont nécessaires par homme et par jour, dont au moins 30 à 40 litres d'eau potable, le reste étant consacré aux lavages, nettoyages et usages divers.

La nécessité d'une eau pure est justifiée depuis longtemps par la notion de l'origine hydrique des diverses maladies parasitaires et microbiennes, surtout graves dans les collectivités et en particulier dans les collectivités militaires.

Dans ce travail, nous nous proposons d'étudier quels sont les différents procédés employés ou qui pourraient être employés dans l'armée, pour l'assainissement de l'eau de boisson.

Nous l'étudierons dans les casernes et dans les camps, et nous n'envisagerons cette question qu'en temps de paix.

Nous ne décrirons que les procédés et les appareils les plus connus et les mieux au point, et nous indiquerons ensuite, quel est dans chacun des cas envisagés, celui qui nous paraît le mieux approprié à l'assainissement de l'eau de boisson.

Nous allons d'abord décrire en détail tous les procédés d'épuration de l'eau, en énonçant pour chacun d'eux, leurs différents avantages et inconvénients au point de vue militaire.

Nous insisterons surtout sur la javellisation, procédé le plus employé à l'heure actuelle, et que nous avons pu étudier à loisir dans le travail inédit de M. le Médecin Lieutenant-Colonel Cristau qu'il a bien voulu mettre à notre disposition.

## *Procédés d'épuration de l'eau.*

Les différents procédés d'épuration de l'eau peuvent se classer en procédés : physiques, mécaniques et chimiques.

### **PROCÉDÉS PHYSIQUES**

Il en existe deux : la chaleur et la lumière.

#### **Chaleur.**

La chaleur a été depuis longtemps le procédé le premier employé.

Elle peut être agent de stérilisation, ou seulement d'épuration.

10 à 15 minutes à 120° sous pression, suffisent pour tuer les germes les plus résistants contenus dans une eau ; mais 10 minutes à 100° peuvent suffire largement ; seuls, subsistent quelques microbes saprophytes inoffensifs comme le bacille subtilis à l'état de sporule.

Mieux encore : 5 minutes à 70° suffisent pour annihiler tous les microbes pathogènes d'une eau souillée.

Nous n'insisterons pas sur la distillation de l'eau, procédé très coûteux et incommode, jamais employé, sauf dans la marine de combat. Encore, ce procédé de distillation de l'eau de mer, tend-il de plus en plus à être remplacé par la javellisation de l'eau douce de terre.

Deux procédés utilisant la chaleur sont appliqués dans l'armée :

#### 1. EBULLITION :

Nous verrons par la suite comment on peut l'utiliser dans les casernes.

#### 2. CHALEUR SOUS PRESSION :

L'épuration par ce procédé est réalisée par divers appareils : Salvador (Vaillard et Desmaroux), Pastor (Malvezin), Appareil de Maiche, Appareil de Cartault.

L'armée utilise surtout les premiers. Le principe de ces appareils est de stériliser l'eau sous pression à une température de 115° à 120°, et de la restituer grâce à un dispositif d'échangeur-récupérateur, à une température voisine de celle d'entrée.

*Description.* — L'appareil Salvador que nous prendrons pour type comprend :

1° Un caléfacteur dans lequel l'eau est portée à la température de 110° sous pression ; ce récipient de stérilisation est formé par un serpentin plongé dans un bain-marie constituant une véritable chaudière, pourvue de tous ses accessoires de sécurité.

2° Un régulateur de température automatique, ne permettant la sortie de l'eau traitée que lorsqu'elle a atteint le degré voulu de stérilisation.

3° Un échangeur-récupérateur, formé de deux serpentins métalliques accolés, séparés par une paroi très mince ; l'un donne accès à l'eau froide (impure) allant au caléfacteur, l'autre, à l'eau chaude (stérile) qui en revient. Entre les 2 serpentins s'opère un échange de température par voisinage, tel que l'eau froide pénétre dans le caléfacteur à près de 100°, et que l'eau stérile chaude se refroidit et sort n'ayant que 2° à 4° de plus qu'à son entrée.

*Avantages.* — L'eau traitée sort absolument stérile, sans modification de ses qualités organoleptiques, et conservant ses gaz dissous en raison de la pression maintenue pendant le parcours. Débit considérable ; suivant les modèles : 250 à 1.000 litres à l'heure.

*Inconvénients.* — a) Coûteux.

b) Appareils fragiles (ce qui est très important en pratique dans l'Armée) dus à la longueur et à la minceur des serpentins et à leur rupture accidentelle possible, par suite des coups de béliers pouvant survenir dans les canalisations, malgré l'adjonction d'un régulateur de pression (en effet, ces appareils doivent fonctionner avec une pression de 10 à 15 m. d'eau ; ni plus ni moins).

c) L'eau trouble réclame un dégrossisseur.

d) L'eau calcaire obstrue les serpentins, par des dépôts de sels de chaux, et nécessite des détartrages fréquents, opérations longues, pouvant interrompre parfois le fonctionnement de l'appareil pendant plusieurs jours.

e) De plus, si l'eau de la canalisation est à  $+ 15^{\circ}$  ou  $+ 16^{\circ}$ , il faut la refroidir avant l'entrée dans l'appareil, pour qu'elle ne soit pas consommée à  $+ 20^{\circ}$ , surtout en été (les soldats aimeraient mieux boire une eau quelconque impure mais froide, plutôt que cette eau stérile mais tiède).

f) Enfin, ces appareils nécessitent un personnel spécialisé pour leur conduite, leur surveillance et leur entretien, ce qui constitue un gros écueil, surtout dans l'Armée.

Tous ces désavantages de la chaleur sous pression, devraient faire abandonner définitivement ces appareils dans les milieux militaires.

### **Lumière (Rayons Ultra-violets).**

Les rayons U. V possèdent d'imminentes propriétés bactéricides, qui ont été appliquées pour la première fois en 1909 par Courmont et Nogier, pour la stérilisation des eaux.

Les U. V. détruisent lentement les spores, mais très rapidement les germes et toxines contenus dans les eaux.

Diverses lampes émettrices de rayons U. V. ont été employées, mais elles étaient peu résistantes,

et se laissaient traverser difficilement par les rayons.

A l'heure actuelle, on utilise la lampe de Kuch-Kromayer, lampe en quartz à vapeur de mercure, qui présente le moins ces inconvénients.

Elle est composée d'un tube de quartz dans lequel on a fait le vide après y avoir introduit du mercure; les deux extrémités de la lampe sont terminées par un réservoir contenant une électrode en tungstène; l'on branche sur un courant continu, et on incline la lampe; le mercure navigue, provoque un court-circuit; l'étincelle jaillit, vaporise le mercure; l'émission commence, la lampe chauffe et atteint son maximum d'émission en 20 minutes environ.

Ces rayons peuvent en 20 secondes stériliser une eau limpide exposée sous une épaisseur maxima de 25 centimètres

La lampe peut être immergée, d'où contact plus intime; mais le refroidissement qui en résulte entraîne sa métallisation, et diminue considérablement son pouvoir émissif de rayons. Néanmoins, ce système nous paraît préférable à celui où l'eau passe en nappe mince sous une lampe non immergée, comme dans l'appareil Westinghouse-Cooper-Hewitt, car dans ce cas, l'air absorbe la presque totalité des rayons émis.

Divers appareils emploient la lampe immergée, entre autres, celui de la Société des rayons U.-V., dû à Nogier.

Peut-être, le meilleur est-il celui de Billon et

Daguerre, qui comporte deux lampes en quartz immergées, et où un dispositif ingénieux oblige l'eau à couler dans la fente d'une pipette, sous une faible épaisseur, devant les lampes émissives. Quand une lampe s'éteint accidentellement, un dispositif automatique arrête immédiatement l'écoulement de l'eau.

Le pouvoir abiotique des U.-V. est fonction : 1<sup>o</sup> de l'activité de la lampe ; de son voltage (en doublant l'énergie électrique, on quintuple sa puissance); 2<sup>o</sup> de la distance surtout; 3<sup>o</sup> et également du temps d'exposition.

On a donc intérêt à utiliser un haut voltage, à se servir d'une lampe immergée qui réalise un contact intime, et à faire couler l'eau en nappe mince.

*Avantages.* — L'eau traitée sort stérilisée, sans modification de ses qualités chimiques et organoleptiques; le débit de ces appareils à U.V. est énorme; de plus il est prouvé, que l'effet bactéricide de ces rayons se prolonge après l'insolation, à l'encontre des autres procédés de purification, avec lesquels les germes qui ont échappé à l'agent microbien repullulent quand l'action de celui-ci a cessé, ce qui nécessite une consommation immédiate de l'eau.

*Inconvénients.* — Les germes sporulés résistent longuement à l'action des U.-V. ; une eau très riche en germes se stérilise plus difficilement.

L'eau doit être très limpide pour que les germes

ne trouvent pas un écran protecteur dans les particules très fines en suspension dans une eau trouble, ce qui nécessite souvent une clarification préalable des eaux à traiter.

De même, l'eau ne doit pas être colorée (sauf en bleu) ; une eau colorée en jaune, par exemple, absorbe énormément de rayons et rend la stérilisation plus longue, difficile et précaire.

Enfin, toutes les lampes actuelles sont très fragiles et coûteuses ; leur activité bactéricide obtenue au bout de 20 minutes seulement est inconstante ; elles sont susceptibles d'arrêts fréquents ; de plus, elles se métallisent rapidement.

C'est un procédé très moderne mais très onéreux, peu utilisé dans les villes, et qu'on ne saurait dès maintenant employer dans l'armée malgré ses avantages, tant que les inconvénients principaux de ce mode de stérilisation n'auront pas été supprimés.

## PROCÉDÉS MÉCANIQUES

Nous ne parlons pas de la décantation, méthode inutilisable parce qu'incomplète ; ce n'est qu'un moyen physique naturel, qui joue un certain rôle dans les eaux de surface stagnantes ou à faible courant ; cependant, on peut s'en servir avec certaines eaux troubles de rivières (bassins de décantation) comme moyen adjuvant et préparatoire à un autre mode d'épuration.

En réalité, tous les procédés mécaniques d'épu-

ration des eaux, sont fondés sur le principe de la filtration dont la nature nous fournit un exemple excellent dans les terrains dits détritiques.

Ils ne diffèrent que par la matière filtrante utilisée (sable, porcelaine poreuse, collodion, etc...).

### I. — Porcelaine poreuse.

Le 12 janvier 1901, une circulaire émanant du Ministère de la Guerre, donnait une « Instruction relative à l'installation et à l'entretien des filtres Chamberland (système Pasteur) dans les établissements militaires » et ordonnait son emploi exclusif dans les casernes.

Le filtre Chamberland est connu de tous : composé d'un cylindre creux ou bougie, en porcelaine dégourdie, fermé à une extrémité, que l'eau traverse de dehors en dedans, pour s'écouler par l'extrémité ouverte inférieure ou tétine.

Il existe deux systèmes de bougies : les bougies F qui fonctionnent sans pression, et les bougies B qui fonctionnent sous pression ; ces dernières étaient seules employées dans l'armée (elles le sont d'ailleurs encore dans quelques établissements militaires).

Les bougies contenues dans un tube de métal vissé aux robinets de canalisation, laissent passer leur tétine ; l'eau passe sous pression dans le manchon métallique, traverse les bougies, et s'écoule par les tétines.

L'armée utilisa d'abord ces filtres réunis en batteries ; c'est le « filtre Chamberland modèle à bougies indépendantes ». La pression hydraulique doit être égale au moins à 10 m. d'eau ; quand la pression est  $< 10$  m. on a recours à des appareils spéciaux dits « accumulateurs de pression » fonctionnant par une pompe à air.

*Rendement.* — Suivant l'eau (limoneuse ou non), 24 litres à 32 litres par bougie et par jour.

*Inconvénients.* — Grosse installation ; échauffement de la pompe de l'accumulateur de pression ; nécessité d'un personnel surveillant la pompe et la pression ; nettoyages fréquents des bougies à la brosse (1 à 2 fois par jour) ; stérilisation des bougies nécessaire au moins 1 fois par semaine, pour détruire les micro-organismes déposés à la surface ou dans les pores des bougies ; cette stérilisation est faite non par l'ébullition qui augmente le colmatage, mais par le permanganate de K ou mieux par la chaleur sèche à  $250^{\circ}$  (Four Pasteur) ou l'étuve à vapeur.

Pour remédier en partie à ces inconvénients, l'armée adopta le « Filtre Chamberland modèle à nettoyeur du système André » composé essentiellement de bougies Chamberland système Pasteur, disposées en cercles concentriques à l'intérieur d'un réservoir métallique étanche, capable de recevoir de l'eau sous une pression de 3 atmosphères.

Il en existe plusieurs modèles suivant le nombre des bougies (de 6 à 50). Ce système est pourvu intérieurement, d'un nettoyeur qui, par l'action d'une manivelle, nettoie la surface extérieure des bougies et les débarrasse de leur enduit. On peut également introduire une poudre inerte dite « poudre d'entretien » qui se dépose sur l'extérieur des bougies ; cette poudre fait l'office de dégrossisseur, empêche l'adhérence des dépôts, et facilite le nettoyage. Celui-ci se fait 1 ou 2 fois par jour ; lorsque le débit diminue notablement malgré ces nettoyages, pour le faire remonter à un chiffre voisin du débit normal, on le régénère par le bisulfite de soude.

*Inconvénients.* — Stérilisation quand même nécessaire au moins une fois par semaine, par la chaleur sèche ou le permanganate de K, débit faible, inconstant (pour une pression de 20 m. d'eau un filtre de 12 bougies ne débite moyennement que 280 litres par 24 heures). De plus, et surtout, (de même que dans le premier modèle à bougies indépendantes) les bougies se cassent et se fêlent souvent, d'où danger, car une bougie légèrement fêlée peut livrer passage à de l'eau impure sans que l'on puisse pour cela constater une différence appréciable de débit ; pour reconnaître ces légères fissures, on est obligé d'insuffler de l'air dans les bougies ; il se produit alors un léger bouillonnement.

Il faut donc assez souvent contrôler par des essais

bactériologiques, la qualité de l'eau filtrée recueillie directement au collecteur.

De plus, il faut reprocher à cet appareil de nécessiter des raccords en caoutchouc, qui à la longue, se durcissent, perdent leur élasticité, se craquellent, se fissurent et entraînent fatalement la pollution de l'eau filtrée.

Enfin, par suite d'usure, de colmatage et de détérioration, les bougies ne peuvent pas rester en service plus de 3 ans.

A cause de tous ces inconvénients et de la surveillance incessante qu'ils demandent, on a renoncé à leur usage dans l'armée; on a dit de ces filtres qu'ils constituaient de merveilleux instruments de laboratoire, mais de médiocres appareils pour casernes.

La circulaire du 28 janvier 1909 supprime leur emploi dans l'armée et prescrit l'adoption des filtres à sable non submergé du type Miquel et Mouchet; cependant nombre de collectivités militaires emploient encore ce procédé, archaïque quant à son utilisation militaire pratique.

## II. — Autres filtres à bougies.

Les bougies Berkefeld en terre d'infusoires, les bougies Mallié en porcelaine d'amiante, les bougies Garros, les bougies Brulé, etc... toutes, sont passibles des mêmes critiques que les bougies Chamberland et leur emploi ne doit pas être conseillé dans l'Armée.

Le filtre en cellulose, composé de disques métalliques évidés intérieurement, serrés par des écrous et séparés par des plaques de porcelaine, de cellulose en pâte ou de feuilles de cellulose, ne sont également pas à conseiller dans l'Armée ; plus robustes que le filtre Chamberland, ils n'offrent en effet pas plus de sécurité que lui.

Le filtre en collodion est un excellent filtre de ménage, mais il doit être rejeté dans l'armée, en raison de la délicatesse de sa manipulation et aussi de son faible débit : 20 litres en 24 heures à la pression de 6 atmosphères. D'une grande efficacité, sa durée est très longue ; son entretien consiste de temps en temps en un simple lavage avec un tampon de coton sous jet d'eau, pour enlever le dépôt glaireux qui s'accumule à la surface.

Il est composé d'un tube de la forme d'une bougie Chamberland, percé de petits trous, et enveloppé d'une bande de toile adhérente recouverte d'une membrane de collodion ; ce tube est enfermé dans un cylindre métallique et fonctionne comme la bougie Chamberland.

### III. — **Sable** (Filtre à Sable).

On distingue des filtres à sable submergé (lents ou rapides) et des filtres à sable non submergé.

A) FITRES A SABLE SUBMERGÉ LENTS (dits : Anglais).

Utilisés depuis longtemps (il y a 100 ans, les Anglais appliquèrent ce moyen pour l'épuration des eaux de la Tamise).

Composés de bassins en ciment à parois rugueuses, de 2 à 3 mètres de hauteur sur 500 à 1500 mètres de surface, dont le fond, présentant une pente d'écoulement est recouvert d'une couche de briques non jointes ; au-dessus, des graviers de plus en plus petits, puis 0 m. 80 à 1 m. 20 de sable de quartz ou de silice, dont les grains ne doivent pas dépasser 1 mm. à 1 mm. 5 de diamètre.

Ces filtres servent surtout à la purification des eaux de rivières ; leur vitesse de filtration est fonction du diamètre des grains de sable et de la pression de l'eau. Débit moyen 2 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> et par jour.

Ce débit très lent, est dû à la formation à la surface du sable, d'une « membrane biologique » feutrage d'argile, d'algues vertes, de diatomées et de microbes, formant une couche glaireuse, véritable organi filtrant. C'est cette croûte qui donne une grande efficacité au filtre ; elle a un rôle épurateur indiscutable, mais elle présente deux inconvénients, d'une part, elle est susceptible de se putréfier ; d'autre part, au bout de quelques jours à 3 mois au maximum, cette couche trop épaisse doit être enlevée. Ces décroûtages trop fréquents sont délicats et coûteux ; de plus ils exigent plusieurs bassins fil-

trants afin que la filtration continue quand on en nettoie un.

Au point de vue chimique, ces filtres donnent une réduction de 19 % des matières organiques, 60 % d'ammoniaque libre, 36 % de matières albuminoïdes et 96 % à 98 % de microbes ; mais ils laissent passer une certaine quantité de bacille coli ; aussi ces filtres ne peuvent-ils être employés exclusivement ; ils ne sont en somme que des appareils de réduction bactérienne ; appareils de clarification devant être complétés par un autre mode épurateur.

De plus, il faut que l'eau ne soit pas trop calcaire, car le filtre se colmatte trop vite ; on considère qu'au delà de 40 à 50° hydrotimétriques, l'eau ne doit pas être stérilisée par des filtres à sable.

Enfin, ce filtre a un débit trop restreint ; pour y remédier, on a utilisé la sédimentation préalable de l'eau dans des « bassins de décantation », mais ce procédé est mauvais : l'eau stagnant dans ces bassins favorise les fermentations et la multiplication des microbes.

Puech et Chabal réalisèrent alors une préfiltration par l'emploi de 3 à 5 dégrossisseurs à graviers, suivis de 2 à 3 préfiltres à mince couche de gros sable, puis du filtre proprement dit. La filtration de ce fait était plus rapide (4 à 6 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> et par jour) et les filtres plus durables, la membrane biologique ne se formant que tardivement et incomplètement ; mais les résultats de l'épuration proprement dite n'étaient pas meilleurs. Ce procédé a l'inconvénient

de nécessiter de grosses installations encombrantes, coûteuses, exigeant un ingénieur pour la régularisation du débit, la mesure de la pression, et un bactériologiste pour analyser quotidiennement l'eau épurée.

B) FILTRES A SABLE SUBMERGÉ RAPIDES (dits : américains).

Ce sont les filtres « à coagulants ».

Dans ce procédé, on a repris le système de l'alunage des eaux ; le sulfate d'alumine est un excellent moyen de clarification de l'eau ; on l'utilise en Amérique avec les eaux de rivières riches en argile, colmatant trop rapidement les filtres à sable ; les substances colloïdales en suspension dans l'eau, sont difficilement retenues par les préfiltres et les dégrossisseurs ; c'est pourquoi par l'alunage, on clarifie d'abord cette eau dans un premier bassin ; on ajoute 15 à 25 grammes de sulfate d'alumine par m<sup>3</sup> ; il y a fixation de l' $\text{SO}^4\text{H}^2$  du sulfate d'alumine par les sels terreux ; l'alumine libérée se dépose en entraînant les matières organiques ; de ce bassin de décantation, l'eau clarifiée passe sur un filtre contenant 0 m. 60 à 1 m. 50 de sable à grains fins (0 mm. 5).

Il existe plusieurs modèles de ces filtres (Desru-maux, Jewel, Van der Made, etc...) tous basés sur le même principe de l'alunage.

*Avantages.* — Filtres de peu de superficie, débit énorme (100 à 300 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> par jour).

*Inconvénients.* — Peu efficaces (réduction bactérienne moyenne de 80 %), colmatage rapide, nettoyages fréquents, nécessité d'une surveillance incessante, prix de revient assez élevé. En somme, ils ne peuvent être utilisés que pour clarifier une eau trouble, procédé préparatoire à un autre mode d'épuration.

### C) FILTRES A SABLE NON SUBMERGÉ.

Ce sont des filtres aérés qui imitent de très près la filtration naturelle dans le sol.

Le meilleur modèle, adopté par l'Armée, est celui de *Miquel et Mouchet*.

Il épure l'eau par le passage à travers une couche de sable fin, cette eau étant amenée à la surface du sable par un arrosage superficiel convenablement réglé. Il comprend :

1<sup>o</sup> Un filtre proprement dit, formé d'un réservoir maçonné ou goudronné intérieurement, destiné à recevoir les matériaux de filtration ; ceux-ci sont constitués par une couche de dalles filtrantes jointives en béton maigre de ciment armé, de 5 cm de hauteur, sur laquelle repose une couche de sable fin (grains de 1 mm. de diamètre) de 1 m. 20 de hauteur, et dont les bords sont relevés pour éviter l'infiltration directe le long des parois.

2<sup>o</sup> Un tube d'arrosage (tube en spirale percé de trous, ou mieux tourniquet rotatif) déversant l'eau à une distance minima des bords de 0 m. 20.

3° Un réservoir d'alimentation à niveau constant, muni d'un diaphragme limitant l'écoulement de l'eau dans le tube d'arrosage, à une tranche de 2 à 6 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> et par jour.

4° Un réservoir d'eau filtrée et ses organes de puisage.

Le filtre doit être à l'obscurité (les rayons solaires facilitant le développement d'algues de diverses natures amenant rapidement l'imperméabilisation de la surface), et à l'abri de la gelée (toute couche de glace se produisant à la surface équivalant à une véritable imperméabilisation).

*Avantages.* — Efficacité remarquable ; presque tous les germes sont arrêtés, et il y a toujours disparition du bacille coli ; seuls, quelques saprophytes inoffensifs traversent. Peut fonctionner 1 à 2 ans sans arrêt. Fonctionnement simple, installation peu encombrante, bon débit (3 à 6 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> et par jour).

*Inconvénients.* — La mise en marche du filtre demande 1 mois, pendant lequel l'eau entraîne les impuretés et les bactéries des matériaux de filtration (sable, briques) ; au bout de ce temps seulement, le filtre « lavé » est prêt à fonctionner.

Demande à être surveillé, car on ne doit pas le laisser se submerger, même partiellement, par des plaques de glace en hiver, ou plus souvent par des croûtes de colmatage partiel des grains de sable, ce

qui arrive souvent si l'eau est argileuse ; et alors l'eau gagne les bords, filtre le long des parois, et ne s'épure pas.

Enfin, toute eau très impure doit être clarifiée au préalable, par passage sur un filtre dégrossisseur.

Ce filtre système Miquel et Mouchet a été rendu réglementaire par décision ministérielle du 28 janvier 1909.

C'est le vrai type du « filtre de caserne » (P<sup>r</sup> Pilod).

## PROCÉDÉS CHIMIQUES

Ce sont avant tout des procédés utilisant des oxydants énergiques, qui détruisent les microbes et les matières organiques, mais qui doivent être dépourvus de toxicité et ne pas subsister dans l'eau, même à l'état de traces, après leur action.

A part l'ozone, le chlore et les composés oxychlorés, tous les différents procédés chimiques sont de « petits procédés », très efficaces certes pour la plupart, mais qui ne sont susceptibles d'être utilisés dans l'armée, que pendant les manœuvres en campagne et les marches, et qui ne sauraient trouver d'applications intéressantes dans les casernes et dans les camps. Il convient malgré tout de les décrire.

*Vin.* — Evidemment, le vin mélangé à parties égales avec l'eau, a un rôle stérilisant certain grâce à son alcool, mais on ne saurait de toute façon le conseiller dans l'Armée.

*Halozone*. — Procédé de Dunham et Dakin ; n'est pas pratique ; moins efficace que d'autres procédés plus simples que nous verrons par ailleurs.

L'eau oxygénée, le bisulfate de soude (utilisé au début du siècle par les Anglais durant la guerre sud-africaine), l'alun (moyen de clarification sans action bactéricide efficace) sont des procédés très incomplets, qui ne doivent jamais être utilisés isolément.

Différente est l'épuration de l'eau par la *chlora-mine T* vantée par Pryor ; c'est un bon procédé qui demanderait à être étudié.

Le brome, utilisé pendant la grande guerre sous forme de solution bromo-bromurée, par les armées allemandes et italiennes, est efficace ; il demande après son action à être neutralisé par du sulfate de soude ; les solutions sont mises dans des ampoules scellées que l'on brise sous l'eau au moment du besoin ; c'est un bon procédé mais peu pratique.

Enfin, nous allons étudier les 2 seuls « petits procédés » pratiques, simples et efficaces de l'épuration chimique de l'eau : les permanganates et l'iode.

#### LES PERMANGANATES (de K et de Ca).

Sous l'action du  $\text{CO}_2$ , ils se décomposent au contact de l'eau en libérant de l'oxygène naissant, qui épure l'eau en oxydant fortement les matières organiques et les microbes sur lesquels il se fixe :



On emploiera en général 6 centigrammes de permanganate pour épurer un litre d'eau ; cette dose est plus que suffisante pour détruire les microbes, mais elle se fixe sur les matières organiques ; on détruira l'excès de permanganate par un réducteur.

M. le Professeur Tanon suggère plutôt qu'il n'est pas besoin de doser ; il met dans un litre d'eau à épurer par exemple, un cristal de permanganate de K qui colore l'eau en rose léger ; si la coloration disparaît avant 20 minutes, il ajoute un nouveau cristal ; ensuite il préconise de réduire par le thé ou un cristal d'hyposulfite de soude de 1 à 2 mgr.

L'épuration consiste donc en 2 temps : un premier temps d'oxydation, où l'oxygène naissant fixe en 10 minutes 80% environ des germes ; un deuxième temps de réduction de l'excès de permanganate, qui achève l'action bactéricide et détruit les 20 % des germes restants (P<sup>r</sup> Pilod) ; de plus, cette réduction s'accompagne d'un précipité qui se dépose et clarifie l'eau ; il ne reste plus qu'à filtrer « grosso modo » pour éliminer ce dépôt.

Il existe de nombreux procédés, différant par le permanganate employé, sa dose, le réducteur utilisé, etc... Dans l'Armée on en utilise deux : le procédé Lambert et le procédé Lapeyrère.

Dans le *procédé Lapeyrère*, utilisé surtout par les coloniaux, on additionne l'eau d'une poudre composée de :

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| Permanganate de K.....  | 3 gr.  |
| Alun .....              | 10 gr. |
| Carbonate de soude..... | 9 gr.  |
| Carbonate de chaux..... | 9 gr.  |

0 gr. 20 de poudre en moyenne, donne à un litre d'eau une coloration rose persistant 5 minutes ; si la teinte s'efface trop vite, on ajoute une pincée ; puis on filtre sur une couche de ouate de tourbe imprégnée d'oxyde brun de manganèse.

Il y a à la fois, épuration chimique et filtration ; l'eau sort épurée et filtrée ; cependant, les doses de permanganate sont un peu faibles pour une eau trouble ; de plus le filtre se colmate trop rapidement ; enfin le débit est faible (20 litres par heure).

Aussi a-t-on préféré dans l'Armée le *Procédé Lambert* évidemment meilleur ; on se sert de deux poudres :

|                                   |   |                            |          |
|-----------------------------------|---|----------------------------|----------|
| a) Poudre grise<br>(oxydante)     | { | Permanganate de K... ..    | 0 gr. 60 |
|                                   |   | Bi-oxyde de manganèse..... | 0 gr. 50 |
|                                   |   | Carbonate de chaux.....    | 0 gr. 20 |
|                                   |   | Talc.....q. s. pour        | 5 gr.    |
| b) Poudre blanche<br>(réductrice) | { | Hyposulfite de soude.....  | 0 gr. 60 |
|                                   |   | Talc.....q. s. pour        | 5 gr.    |

Ces doses servent à épurer 10 litres d'eau (la Pharmacie centrale de l'Armée livre également ces produits, en comprimés dosés pour épurer 2 litres d'eau).

On verse la poudre grise dans l'eau ; celle-ci se colore en rose ; on laisse agir 20 minutes, puis on verse la poudre blanche. Il se forme un précipité ; l'eau, de rose, devient brune. Ensuite on élimine le précipité, soit par décantation, ce qui demande environ une douzaine d'heures, soit mieux et plus rapidement, par filtration sur ouate dans un dispo-

sitif très simple, dit filtre Garret; un filtre de 45 litres de contenance, débite 500 litres à l'heure.

Ce procédé est simple, pratique, efficace, l'eau sort clarifiée, sans modification de ses qualités organoleptiques. Le matériel est peu fragile, le débit assez considérable; il est seulement un peu compliqué pour le soldat, les poudres demandant à être maniées par un aide intelligent et consciencieux. Enfin, ce procédé est légèrement coûteux (3 centimes par m<sup>3</sup>); cependant il est très pratique pour les petites collectivités.

#### L'IODE.

L'Armée utilise la formation d'iode naissant par action de l'acide tartrique sur l'iodate de soude, et détruit l'excès d'iode par l'hyposulfite de soude. Vaillard et Georges ont fait préparer par la Pharmacie Centrale de l'Armée des comprimés remplissant ces conditions; il y a 3 sortes de comprimés: bleus, rouges, blancs.

|                                 |   |                                       |           |
|---------------------------------|---|---------------------------------------|-----------|
| Un comprimé bleu<br>contient :  | { | Iodure de K sec.....                  | 0 gr. 10  |
|                                 |   | Iodate de soude sec.....              | 0 gr. 015 |
|                                 |   | Bleu de méthylène.q. s. pour colorer  |           |
| Un comprimé rouge<br>contient : | { | Acide tartrique.....                  | 0 gr. 10  |
|                                 |   | Sulfo-fuchsine.....q. s. pour colorer |           |
| Un comprimé blanc<br>contient : | { | Hyposulfite de soude.....             | 0 gr. 116 |
|                                 |   | Excipient.....q. s. p. un comprimé    |           |

Ces 3 comprimés peuvent épurer 10 litres d'eau. Il existe également des comprimés pour 1 litre et pour 20 litres d'eau.

Mode d'emploi : on fait dissoudre un comprimé bleu et un rouge dans un peu d'eau ; il y a formation d'iode et l'eau se teinte en rose brun ; on la verse dans l'eau à traiter ; on laisse 10 minutes, au bout desquelles on ajoute le comprimé blanc préalablement dissout dans un peu d'eau ; l'eau réduite reprend son aspect limpide.

Il y a une précaution essentielle à prendre : c'est de toujours faire dissoudre les comprimés à part dans un peu d'eau, pour éviter que le carbonate de chaux contenu dans toute eau, neutralise trop d'acide tartrique et n'en laisse plus suffisamment pour agir sur l'iodate de soude.

Ce procédé est efficace et ne modifie pas les qualités de l'eau.

*Inconvénients.* — 1° Ne peut épurer les eaux troubles (celles-ci contiennent trop de matières organiques qui fixeraient tout l'iode) ;

2° On ne peut utiliser des récipients en bois ou en toile qui s'imprègnent d'iode et donnent un goût désagréable à l'eau ;

3° Il est peu pratique pour le soldat, parce qu'il nécessite plusieurs manipulations, dont on n'est pas toujours sûr qu'elles seront bien faites.

Nous préférons un autre procédé, préconisé par M. le P<sup>r</sup> Tanon, et applicable à de petites unités militaires isolées ; il est efficace et d'une simplicité absolue, parce qu'il n'exige que l'emploi de 2 flacons.

On prend un flacon de solution de Lugol (iode 1 gr. + iodure de potassium 2 gr. + eau 200 gr.) et un flacon d'une solution d'hyposulfite de soude à 40 gr. pour 160 gr. d'eau. Avec ces deux flacons de 200 gr. chacun, on a de quoi stériliser 800 litres d'eau.

[Il ne faut pas employer comme dans l'armée italienne, la solution iodo-iodurée dans l'alcool, préconisée par Bati, puis réduction de l'excès d'iode par le thiosulfate de soude, car cette solution alcoolique donne fréquemment après réduction de l'iode, un goût désagréable d'iodoforme. Le même reproche s'applique à l'épuration par la teinture d'iode.]

Il faut donc utiliser la solution de Lugol : on verse dans l'eau à stériliser (1 litre par exemple) la solution de Lugol jusqu'à teinte rhum clair ; (si la teinte s'éclaircit avant 20 minutes, on ajoute 2 gouttes) après 20 minutes, on verse une goutte de la solution d'hyposulfite, on agite ; en 1/2 minute l'eau s'éclaircit et elle n'a aucune odeur ni mauvais goût.

Le seul reproche que cette méthode très simple puisse encourir (ainsi d'ailleurs que tous les autres procédés à l'iode) c'est qu'elle demande 20 minutes et que c'est long pour un homme qui a soif, surtout lorsque cet homme est un soldat. De plus, Chaussier, après d'autres auteurs, tout en reconnaissant l'efficacité de ce procédé, reproche à l'eau traitée, de contenir en fin de réaction, de l'iodure de sodium

(0 gr. 10 par litre environ) ce qui serait un obstacle à son usage prolongé. Il nous semble que c'est pousser un peu loin les choses, d'ailleurs nous ne recommandons ce procédé qu'en campagne, c'est-à-dire en manœuvre, pendant les marches, et ces choses là ne durent que quelques jours.

. . . . .

Avant d'étudier l'assainissement de l'eau de boisson dans l'Armée par le chlore et ses dérivés, nous allons décrire l'ozonation dans ses grandes lignes. L'ozone n'est que peu utilisé dans l'Armée, cependant il est intéressant d'en dire quelques mots ; c'est une méthode d'avenir, qui, sous quelques réserves, est susceptible de recevoir un jour une application plus grande dans les collectivités militaires.

## *L'Ozone.*

L'ozone, modification allotropique de l'oxygène, possède toutes les propriétés de l'oxygène, mais avec des affinités et une facilité à réagir plus développées. Seule la production par l'effluve électrique est industrielle. L'effluve se produit entre les surfaces intérieures de 2 plaques non conductrices d'électricité, dont les surfaces extérieures sont maintenues à des voltages différents. On envoie de l'air entre les surfaces intérieures où jaillissent les effluves, et une partie de l'oxygène de l'air est transformée en ozone.

Oxydant très énergique, c'est cette puissance d'oxydation que l'on utilise dans la stérilisation des eaux.

En mars 1923, M. Bruère à l'Institut d'Hydrologie du Collège de France, rappelait les essais d'ozonation sur un mélange d'eau de Marne filtrée et d'eau de Marne brute contenant : 22.000 bactéries par cmc. et 16.000 bacilles coli par 400 cmc. ; et il avait suffi de 0 gr. 95 d'ozone par mètre cube d'eau, et d'un contact de 6 minutes, pour que cette eau ne contienne plus aucun bacille coli et seulement 59 germes indifférents au centimètre cube.

L'action stérilisatrice de l'ozone n'exige qu'un

temps relativement court, et il ne laisse dans l'eau traitée aucun résidu de son action, l'ozone en excès se détruisant de lui-même en quelques minutes. Mais le contrôle de l'efficacité d'une installation de stérilisation par l'ozone n'est pas très simple ; cependant il peut être automatique et permanent pendant la marche ; en effet, il est prouvé qu'une eau qui contient de l'ozone en dissolution est pratiquement stérile, c'est-à-dire ne contient plus aucun germe pathogène. Or, rien n'est plus facile que de constater la présence de cet ozone dissous, puisque l'ozone réagissant sur l'iodure de potassium en met l'iode en liberté, et pour obtenir un contrôle automatique et permanent, il suffit de faire arriver dans un dispositif en verre une solution d'iodure de K amidonné, goutte à goutte, en même temps qu'un filet de l'eau traitée ; tant que celle-ci contiendra de l'ozone dissous, le mélange de 2 liquides sera bleu. Un simple coup d'œil suffit donc pour s'assurer que l'eau sortant de l'ozonateur est bien stérilisée.

Une usine destinée à épurer les eaux par l'ozone se compose essentiellement d'un appareil producteur d'ozone ; de l'air bien desséché parcourt cet appareil traversé incessamment par des effluves électriques ; l'air se charge ainsi d'ozone ; les effluves proviennent de deux électrodes séparées par une plaque de verre pour empêcher l'étincelle de se former ; le courant doit avoir un fort potentiel (6.000 à 20.000 volts, 40.000 d'après certains auteurs). Les électrodes sont refroidies par un courant d'eau ;

l'ozone doit être suffisamment concentré (plus de 3 grammes par m<sup>3</sup> d'air)

*Appareil de contact.*— La stérilisation est obtenue par contact avec l'eau à traiter, d'un petit volume d'air à forte concentration d'ozone, dont l'excès non utilisé s'échappe dans l'atmosphère. On utilise pour le brassage une colonne de gay-Lussac de 4 à 5 m. de hauteur, traversée par l'eau et par l'air ozonisé ; des diaphragmes superposés percés de très petits trous (appareil de Frise) ou un brassage partrompe (appareil de Otto), assurant le mélange intime.

Il faut 0 gr. 50 à 1 gr. d'ozone par m<sup>3</sup> d'eau ; prix de revient : 0 fr. 05 environ par m<sup>3</sup> d'eau.

Riccordi dans sa thèse, étudie le fonctionnement d'un ozoniseur système Otto à l'usine du Col de Villefranche : les différentes analyses pratiquées montrent dans leur ensemble que l'eau (de la Vésuvie) avant ozonation, après 10 à 15 jours d'ensemencement, renfermait en moyenne de 80 à 90 germes par cm<sup>3</sup> ; la recherche du bacille coli était toujours positive ; après ozonation, cette même eau, après ensemencement de 10 jours, donnait à l'analyse : 8 à 12 germes *aspergillus niger* ou *b. subtilis*, pas de *b. coli*, pas de germes indoligènes, pas de bactéries putrides.

*Avantages.* — Débit considérable d'une eau non modifiée dans ses qualités organoleptiques, et qui au point de vue bactériologique présente toutes les

qualités requises par les eaux dites d'alimentation.

*Inconvénients.* — Nécessité d'une filtration préalable ; appareillage coûteux, compliqué, délicat et fragile, dont la manœuvre exige un personnel spécialisé ; nécessité de transformateurs ; gros débit électrique d'où épuration d'un prix de revient très élevé.

L'Armée espagnole possède des camions stérilisateurs par l'ozone. En 1914 on en avait essayé de semblables pour l'épuration des eaux sur le front français ; cet essai non poursuivi demanderait à être repris.

### **CHLORE. HYPOCHLORITES. JAVELLISATION.**

Il y a 35 ans que Woodhead eut l'idée de purifier les eaux par le chlore ; il utilisa à cet effet le chlorure de chaux ; Houston, le 1<sup>er</sup>, se servit de l'hypochlorite de soude et appliqua ce procédé d'épuration de l'eau à la station de Lawrence en Amérique. Puis on se servit du peroxyde de chlore, puis du chlore gazeux, procédé actuellement très utilisé en Amérique sous le nom de chloration. La ville de Paris en 1911, sur les conseils du D<sup>r</sup> Roux, se servit de l'eau de Javel ; mais c'est surtout la guerre 1914-1918 qui répandit ces procédés d'épuration en généralisant l'emploi du chlore ou des composés oxychlorés sur le front des armées françaises et alliées.

Depuis, le procédé s'est étendu.

Efficace, souple, commode, d'un prix de revient peu élevé, l'épuration par le chlore et surtout par l'eau de Javel est maintenant le mode de stérilisation le plus utilisé, tant dans les villes et administrations civiles que dans les collectivités militaires.

### **Mode d'action du chlore.**

Quel que soit l'agent chimique utilisé (chlore gazeux, peroxyde de chlore, eau de Javel, etc...) l'épuration de l'eau est assurée par le chlore libre, agent destructif puissant à l'égard des germes microbiens.

Ces germes ne présentent pas tous la même résistance : pour quelques-uns la stérilisation demande des doses considérables de chlore, d'autres au contraire (et ce sont par bonheur les plus pathogènes) sont détruits avec des doses relativement minimes. Le bacille coli disparaît en général avec 0 mgr. 1 à 0 mgr. 2 de chlore libre par litre d'eau ; le bacille d'Eberth est également très sensible ; les bacilles dysentériques et l'entérocoque sont plus résistants ; quant à certains germes sporulés tels que le *perfringens* et le bacille subtilis, ils sont extrêmement résistants. Un autre facteur intervient : la nature de l'eau ; une eau trouble contenant des matières organiques en suspension est plus difficilement stérilisable, les germes étant plus résistants au chlore, et l'on devra alors utiliser des doses plus fortes ; de

même des germes récemment introduits dans une eau (par un orage, une crue, par exemple) sont plus résistants que les germes vieillis dans cette même eau.

Le chlorure de chaux, le peroxyde de chlore et les hypochlorites exercent leur pouvoir microbicide par le chlore libre qu'ils dégagent quand ils se dissocient dans des solutions diluées.

Lorsque l'on dilue fortement un hypochlorite, il se dissocie dans l'eau peu à peu suivant un rythme progressivement ralenti, mais assez longtemps ; cette dissociation est d'autant plus rapide que la dilution est plus grande ; elle serait due à la présence de l'acide carbonique que contient toute eau en plus ou moins grande quantité ; de plus, les solutions commerciales d'hypochlorites sont des mélanges complexes renfermant des chlorates, des chlorures et des bases alcalines, tous susceptibles d'agir sur le  $\text{CO}^2$ .

La libération du chlore s'effectue donc dans des conditions très variables.

Le chlore, une fois dégagé, décomposerait l'eau en  $\text{HCl}$  et en oxygène, et celui-ci se fixerait sur les matières organiques et les microbes ; le chlore agirait donc par oxydation ; Diénert démontra que l'action du chlore n'est pas exclusivement oxydante, elle est aussi souvent une action chlorurante ; et d'après lui et de nombreux auteurs, l'action chimique du chlore pourrait être suivant la nature des corps sur lesquels elle s'exerce ; une action d'oxy-

dation, de chloruration, ou de décomposition.

A cette théorie chimique de l'action du chlore, s'oppose la théorie défendue par Buneau-Varilla et Téchoueyres, suivant lesquels le chlore agirait d'après un phénomène physique. Ils furent conduits à cette conception, en constatant que la stérilisation d'une eau souillée était possible avec des doses infinitésimales de chlore (de l'ordre du centième de milligramme) telles que la quantité d'oxygène pouvant être libérée par ces doses, était nettement insuffisante pour que l'on puisse admettre que l'épuration de l'eau était due à un phénomène d'oxydation.

Jean Perrin (*Matière et Lumière. Annales de Physique*, 1919) admet que toute réaction chimique (soudure ou rupture de valence) s'accompagne de l'émission ou de la captation d'un rayonnement particulier. S'appuyant sur cette conception, Buneau-Varilla émit l'hypothèse qu'au cours de la dissociation de la molécule d'hypochlorite, il se produisait une émission de rayons susceptibles de détruire la matière vivante.

Pour mettre ce rayonnement en évidence, Téchoueyres fit une série d'expériences basées sur la séparation d'émulsions bactériennes et de solutions d'hypochlorites au moyen de lames de quartz; ces expériences furent positives. Quoique des expériences faites en 1927 par M. Mallet confirmèrent les vues de Perrin et de Téchoueyres en mettant en évidence l'émission de radiations spéciales par

l'hypochlorite de soude lorsqu'il est mis en contact avec certains corps, Diénert après une série d'expériences méticuleusement irréprochables, rejeta les conclusions de Téchoueyres, et nia la théorie du rayonnement.

Cependant, il paraît probable que l'action du chlore à doses infinitésimales soit difficilement explicable autrement que par un processus physique ou physico-chimique (D<sup>r</sup> Cristau); sans doute s'agit-il de phénomènes différents dans chaque expérience : dans celle de Diénert comportant des doses de chlore proportionnelles aux matières organiques contenues dans l'eau, elles obéissent aux lois de l'action chimique; dans celles de Buneau-Varilla et Téchoueyres ne comportant que des doses minimales de chlore, elles dépendraient d'autres facteurs tels que le brassage violent réalisé dans l'appareil de Buneau-Varilla, et qui paraît aussi nécessaire sinon plus que le chlore lui-même.

Ainsi s'expliqueraient les divergences entre les résultats observés relativement à l'influence de l'agitation et du temps de contact : pour Diénert, l'agitation ne serait pas nécessaire, et 1/2 heure de contact serait suffisant pour tuer tous les germes que le chlore peut arriver à détruire; pour Buneau-Varilla et Téchoueyres au contraire, dans leurs expériences, le brassage de l'eau aurait un rôle essentiel, et le temps de contact devrait être suffisamment long, l'action du chlore se prolongeant notablement par l'effet d'une sorte de « rémanence ».

Plus même, Téchoueyres démontra qu'un brassage violent sans addition d'antiseptique, était suffisant à stériliser une eau même très polluée, cette action stérilisante se poursuivant encore quelques heures après le brassage, de même que se prolongent les effets de la javellisation imperceptible.

Cette épuration ne serait-elle pas due à une oxygénation intense de l'eau par agitation (D<sup>r</sup> Berteaux) ?

L'analyse de cette eau brassée, montrait qu'elle contenait à l'état de suspension pseudo-colloïdale, de petites quantités de cuivre provenant vraisemblablement de l'action du brassage sur les parois de la pompe ; il paraît probable que c'est ce cuivre qui aurait joué ici un rôle d'antiseptique, et ce fait se rapproche des travaux de Lakhowski, mettant en évidence l'action microbicide des métaux finement pulvérisés mis en contact avec une eau polluée.

Il semble que de tels faits sont sous la dépendance de phénomènes physico-chimiques, et il paraît possible d'admettre que dans la javellisation à doses infinitésimales, le chlore lui-même se comporte à la façon des suspensions métalliques, et donne naissance à des phénomènes physiques stérilisants.

Il y aurait donc lieu d'envisager 2 méthodes dans le mode d'emploi de l'eau de Javel

1<sup>o</sup> *Une méthode chimique* comportant l'emploi de doses fortes de chlore à déterminer suivant chaque eau ; la stérilisation s'y ferait par oxydation et chloruration ;

2<sup>o</sup> *Une méthode physique* (ou physico-chimique) comportant l'emploi de doses minimales de chlore, mais où la stérilisation demanderait à n'employer que des eaux relativement pures, peu chargées en matières organiques, et qui seraient soumises à un brassage énergique.

### **Conditions pratiques de l'épuration par le chlore.**

Mais d'autres éléments entrent encore en jeu pour déterminer les règles suivant lesquelles doit se pratiquer une javellisation.

#### **1<sup>o</sup> QUALITÉS INDIVIDUELLES DE L'EAU.**

Les substances chimiques dissoutes dans une eau, sont susceptibles de fixer une certaine quantité de chlore et par là même de limiter l'action stérilisante de celui-ci sur les microbes ; de même, les matières organiques et certains composés minéraux.

Les matières inertes en suspension dans une eau gênent aussi sa stérilisation ; plus une eau est trouble, plus on doit employer de chlore pour l'épurer, et souvent on sera même amené à envisager comme nécessaire une filtration préalable.

Les instructions ministérielles prévoient que les eaux traitées par les hypochlorites, ne doivent pas contenir plus de 3 mgr. par litre de matières organiques, évaluées en oxygène emprunté au permanganate de K.

## 2° ACTION DU BRASSAGE.

Il n'augmenterait l'action bactéricide du chlore que par une diffusion plus rapide de l'antiseptique ; ce brassage est obtenu par le simple passage de l'eau dans les conduites, entre le poste d'épuration et le réservoir de distribution, ou par un dispositif spécial d'agitation à main lorsqu'il s'agit de la stérilisation directe d'une eau dans un réservoir.

Nous venons de voir au contraire que, d'après Techoucyres, le brassage énergique et prolongé de l'eau à stériliser avec l'antiseptique, aurait une réelle valeur épuratrice ; il serait même, lorsque l'on emploie des doses infinitésimales de chlore, une condition nécessaire, liée aux phénomènes d'ordre physique venant se substituer ici aux phénomènes chimiques d'oxydation et de chloruration.

## 3° DURÉE DU TEMPS DE CONTACT ET DÉLAIS DE CONSOMMATION.

D'après Diénert, 1/2 heure suffit pour tuer pratiquement tous les germes que le chlore peut arriver à détruire, quelles que soient les doses de chlore utilisées.

Au contraire, pour Techoueyres et Blanc, un brassage violent permet d'obtenir une stérilisation presque immédiate avec des doses de chlore très minimes, l'action antiseptique continuerait même à s'exercer pendant quelques heures.

Cependant on admet généralement qu'il faut une demi-heure de contact pour être assuré d'une bonne javellisation, un délai moindre exigerait l'emploi de doses fortes, et nécessiterait comme conséquence une déchloration consécutive.

C'est pourquoi il ne faut pas livrer à la consommation une eau javellisée, avant 30 minutes de contact ; de même il existe un délai maximum pour la conservation des eaux épurées ; les doses de chlore que l'on emploie généralement, sont des doses limites, ne stérilisant pas l'eau, mais lui assurant seulement une « épuration utile » ; il s'ensuit que les germes non tués par l'antiseptique ou provenant d'une contamination secondaire, repullulent très vite, plus rapidement s'il fait chaud, et l'on estime entre 12 et 24 heures le délai d'épuration efficace.

#### 4° LES MAUVAIS GOUTS DES EAUX ÉPURÉES.

C'est un des gros échecs de l'épuration par le chlore lorsque celle-ci est mal conduite, surtout dans l'armée où le soldat pour rien au monde ne consentirait à consommer une eau purifiée mais ayant un certain goût. Il importe donc au maximum de surveiller de très près le procédé d'épuration, et de prendre toutes les précautions désirables.

Au début de l'emploi des antiseptiques chlorés, lorsque l'on employait des doses de chlore trop fortes, l'eau présentait souvent un goût de lessive désagréable qui la faisait rejeter par le consommateur.

En général, une eau est impropre à la consommation lorsqu'elle contient 0 mmgr. 5 de chlore par litre ; il faut donc adapter rigoureusement la dose de chlore à la variété de l'eau, chaque eau nécessitant une dose variable (nous verrons par ailleurs qu'il est possible d'utiliser des doses fortes si l'on a soin de neutraliser l'excès de chlore par une déchloration consécutive). Cependant, même avec une dose de chlore rigoureusement ajustée, une eau ainsi traitée correctement peut présenter un mauvais goût. De nombreux travaux ont montré que la présence dans l'eau de dérivés phénolés même à doses infimes, donnait à l'eau un goût d'iodoforme ou de pharmacie. Le plus souvent, ce goût est dû à un goudronnage trop récent des canalisations ou des réservoirs collecteurs ; il est facile de l'éviter. Parfois les phénols proviennent de déversements intempestifs d'usines dans les eaux de rivières ; il faut dans ce cas filtrer l'eau avant de l'épurer, ou bien l'additionner de sel ammoniac à la dose de 1 mmgr. par litre, procédé qui a l'avantage d'être peu coûteux ; on emploie également souvent dans ce but le permanganate de K.

Il est à noter que le peroxyde de chlore est exempt de ces inconvénients présentés par les hypochlorites.

### Les doses de chlore à employer.

En principe, il faut d'une part utiliser des doses suffisantes pour assurer une épuration efficace et certaine, d'autre part ne pas dépasser la dose maxima au delà de laquelle, l'eau surchargée de chlore serait imbuvable. De plus, nous avons vu par ailleurs que les 2 théories physique et chimique sur lesquelles peut s'appuyer la javellisation sont très différentes dans leur principe et dans leur dose à utiliser.

Pour obtenir une stérilisation complète, il faudrait employer 45 mmgr. de chlore par litre ; il faut donc se contenter d'une épuration dite « utile » qui ne comprend que la destruction des germes pathogènes et suspects, et l'on prend comme témoin de cette épuration la disparition du *b. coli*.

Dans la circulaire du 12 juillet 1924, le Ministre de l'Hygiène et de la Prévoyance sociale règle que : « une eau épurée devra être exempte de germes pathogènes, ne receler au plus par  $\text{cm}^3$  que quelques unités de germes sporulés et par 100  $\text{cm}^3$  ni *b. coli*, ni bactéries qui se rencontrent dans les matières fécales et les matières en putréfaction, les numérations étant effectuées sur des ensemencements directs de 1  $\text{cm}^3$  d'eau au moins. »

Pour arriver à ce but, l'on employa au début des doses variant de 1 à 8 mgr. de chlore par litre d'eau.

Pendant la guerre 1914-1918 les prescriptions dans l'armée ordonnaient :

- 1 mgr. pour une eau claire;
- 2 mgr. pour une eau de limpidité imparfaite;
- 3 mgr. pour une eau trouble ;
- 4 mgr. pour une eau polluée.

Ces doses empiriques donnaient presque toujours à l'eau épurée un goût désagréable qui la faisait rejeter par les soldats.

Puis Buneau-Varilla appliqua le procédé de la javellisation à doses infinitésimales.

En principe, il y a lieu d'envisager 3 méthodes (D<sup>r</sup> Cristau) :

- 1<sup>o</sup> Surchloration avec neutralisation consécutive ;
- 2<sup>o</sup> Adaptation des doses à la composition des eaux à épurer ;
- 3<sup>o</sup> Méthode des doses infinitésimales ou verdunisation.

#### 1<sup>o</sup> SURCHLORATION AVEC DÉCHLORATION CONSÉCUTIVE.

C'est un procédé qui assure une stérilisation parfaite, indépendante du degré de pollution plus ou moins variable d'une eau ; il permet d'employer des doses relativement fixes, non soumises à des déterminations trop souvent répétées. On emploie en général 1 à 3 mgr. de chlore actif par litre ; on va même jusqu'à 8 mgr. Ces doses fortes exigent une déchloration consécutive, ce qui complique le procédé.

On peut neutraliser par l'eau oxygénée (procédé préconisé par Ferraud) ou par l'hyposulfite de soude à raison de 2 mgr. d'hyposulfite de soude par mgr. de chlore en excès ; cette addition doit être faite longtemps après celle du chlore, dans les réservoirs distributeurs, collecteurs d'une canalisation par exemple.

Le mieux est de neutraliser par l'ammoniaque, à raison de 7 à 10 mgr. par m<sup>3</sup> d'eau ; on peut ajouter l' $\text{NH}^3$  en même temps que l'eau de Javel. L'inconvénient de la déchloration, c'est qu'elle introduit dans l'eau de nouvelles substances chimiques ; on peut pour éviter la consommation de ces produits de neutralisation, filtrer l'eau épurée sur une couche de charbon de bois. Le défaut de cette méthode est d'être compliquée, ce qui enlève au procédé le plus grand de ses avantages.

## 2<sup>o</sup> ADAPTATION RIGOREUSE DES DOSES SUIVANT LA NATURE ET LA COMPOSITION DE L'EAU.

C'est un procédé qui, pour éviter l'excès de chlore, assure une stérilisation suffisante par l'emploi de doses reconnues strictement nécessaires, d'après la composition chimique et le degré de pollution de l'eau qu'il s'agit d'épurer. Il nécessite, au préalable, une détermination des quantités de chlore absorbées par la matière organique de l'eau considérée. Ces doses sont variables pour une même eau d'un jour à l'autre car la nature et la quantité des matières

organiques polluant une eau varient suivant les crues, les orages et les souillures accidentelles, qu'il s'agisse d'eau de rivière ou d'eau de source de terrain calcaire fissuré. Il est donc indispensable d'analyser très souvent cette eau, et d'après le résultat de ces analyses répétées, d'adapter à chaque instant les doses de chlore nécessaires et suffisantes.

Il existe plusieurs procédés pour déterminer quelle est la dose de chlore à utiliser :

a) Nous ne parlerons pas de l'*estimation au juger* qui ne tient compte que de l'état physique de l'eau et que l'armée avait préconisé pendant la guerre comme moyen de fortune ; c'est un procédé grossier qui ne devrait jamais être mis en pratique.

b) *Méthode bactérienne par tâtonnement expérimental*. — On part d'un taux approximatif reconnu suffisant, puis on diminue progressivement jusqu'à la dose minime reconnue nécessaire, en contrôlant l'épuration à chaque nouvelle dose par une analyse bactériologique complète.

C'est un procédé sûr, mais très long, ne permettant pas de suivre d'assez près une eau sujette à des variations de composition fréquentes et brusques. Elle ne sera employée que pour servir de contrôle aux méthodes chimiques.

c) *Méthodes chimiques*. — Elles ont pour but de déterminer chimiquement la dose utile à l'épuration d'une eau, soit en mesurant la quantité exacte de chlore fixé dans un temps donné (indice de chlore

de Pecker, test de chlore de Diénert), soit en mesurant la quantité exacte de chlore nécessaire, pour qu'un léger excès subsiste après l'essai (test-gamme).

a) *Détermination du chlore fixé.* — On verse dans un litre d'eau une quantité connue  $p$  de chlore ; au bout d'un temps donné on fait sur l'eau un essai chlorométrique ; il ne reste plus qu'une quantité  $p'$  de chlore ; la différence  $p - p'$  mesure la quantité de chlore « fixé ». Cette quantité est sensiblement égale à la dose stérilisante utile (indice ou test de chlore).

Pour une même eau les quantités de chlore fixé varient en fonction des doses initiales et de la durée de contact, et lorsque l'on javellise, il est indispensable de tenir compte des conditions dans lesquelles les doses ont été calculées.

Dans la pratique, on adopte pour la recherche du chlore fixé des chiffres que l'expérience a montré conformes aux conditions optima de chloration : 30 minutes pour le temps de contact, et pour le chlore initial des doses un peu supérieures aux quantités jugées nécessaires ; il est prudent d'ajouter aux chiffres donnés par le test de chlore, une quantité de 0 mgr. 2 de chlore par litre, comme « coefficient de sécurité ».

Il a été reconnu par l'expérience, que les chiffres donnés par l'indice de chlore convenaient très bien pour l'épuration des eaux troubles très souillées ; pour des eaux assez limpides, ce procédé indique

des doses trop fortes et il vaut mieux recourir à la 2<sup>e</sup> méthode.

β) *Détermination du chlore libre.* — Ce procédé a pour but d'évaluer la quantité de chlore minima qu'il faut ajouter à une eau, pour que, dans un temps donné, celle-ci renferme toujours un léger excès de chlore libre jugé nécessaire à la stérilisation.

On la mesure en versant dans une série de flacons contenant un même volume de l'eau à épurer, des quantités croissantes de chlore. Au bout de 30 minutes en général, (temps déterminé le plus souvent par la durée du trajet de l'eau entre le poste d'épuration et la distribution) on verse dans chaque flacon le réactif ioduro-amidonné qui décèle la présence de chlore libre ; le premier flacon de la série dans lequel apparaît la coloration bleue indique le taux de chloration à adopter (test-gamme) auquel on ajoutera 0 mgr. 2 par litre (coefficient de sécurité).

Le test-gamme indique des doses inférieures à celles de l'indice de chlore ; il n'est à conseiller que pour la recherche des doses à employer pour épurer une eau très claire.

### 3<sup>o</sup> MÉTHODE DES DOSES INFINITÉSIMALES OU AUTO-JAVELLISATION IMPERCEPTIBLE.

Surtout mise en lumière par Buneau-Varilla pendant la guerre, sur le front de Verdun, d'où son

nom de *Verdunisation*. C'est une méthode d'épuration de l'eau, basée sur des phénomènes d'ordre physique ou physico-chimique, et qui consiste dans l'emploi de dose de chlore de l'ordre du décimilligramme, cette dose étant fixe quelle que soit la composition chimique de l'eau, et par un brassage énergétique de l'eau javellisée au moyen d'un appareil spécial.

Avantages : l'eau n'acquiert aucun mauvais goût ; les dosages répétés sont inutiles.

Techoueyres de Reims, puis de nombreuses villes adoptèrent ce procédé qui semblait idéal, mais on fut conduit par la suite à modérer cet enthousiasme et à appliquer seulement cette méthode qu'à bon escient.

D'une part, le brassage de l'eau apparaît comme absolument nécessaire dans cette méthode de chloration ; d'autre part, on ne peut épurer que des eaux limpides ou relativement pures (avec une eau très souillée, abondamment chargée de matières organiques, on obtiendrait une réduction des germes bactériens mais non une disparition suffisante nécessaire).

En résumé de tout ceci, nous voyons que les doses de chlore à utiliser varient considérablement suivant divers facteurs ; chaque eau pose un problème qu'il faut résoudre en tenant compte des moyens d'organisation dont on dispose. En général, avec le D<sup>r</sup> Cristau, nous nous arrêterons à ceci :

« Sur des eaux louches, très impures, sujettes à des pollutions accidentelles, on peut utiliser avec avantage les doses massives, suivies d'une déchloration. Mais c'est un procédé compliqué qui jusqu'à présent n'est à la portée que d'organisations importantes.

Sur des eaux claires, de composition régulière et peu exposées à la contamination, on peut appliquer systématiquement la javellisation imperceptible à la dose moyenne d'un décimilligramme de chlore par litre, mais à la condition de pouvoir réaliser par une installation de pompes, le brassage violent qui paraît avoir dans cette méthode un rôle de première importance.

En dehors de ces conditions particulières, il convient d'adapter régulièrement et périodiquement les doses de chlore aux qualités de l'eau au moyen du test-gamme pour les eaux claires, au moyen du test de chlore pour les eaux louches, suspectes et fortement polluées » (D<sup>r</sup> Cristau).

### **Appareils à javelliser.**

La javellisation peut avoir pour but : 1<sup>o</sup> soit l'épuration d'une eau débitée par une canalisation ; 2<sup>o</sup> soit l'épuration d'une eau contenue dans un récipient quelconque.

#### 1) EAU COLLECTÉE.

La javellisation d'une eau collectée dans un réservoir, sera réalisée le plus souvent dans les petites collectivités, dans les troupes en manœuvres, ou en temps de guerre ; elle n'intéresse pas les casernes et les camps, quoique cependant, par suite d'accident quelconque survenu au mode d'épuration en vigueur dans ces endroits, on puisse être amené à envisager provisoirement ce mode de stérilisation.

Le procédé est simple : étant donné le taux de chloration adopté et le titre en chlore actif de la solution d'hypochlorite employée, il suffit de déterminer la quantité d'eau de Javel nécessaire à introduire pour épurer l'eau du réservoir dont la contenance est connue. Les solutions javellisantes doivent être mises dans des bonbonnes en verre à l'abri de la lumière et de la gelée. Quant aux réservoirs collecteurs, ils diffèrent suivant les besoins et l'organisation.

En général, on doit rejeter les tonneaux en bois, qui malgré les enduits d'asphaltine ou de brai de résine dont on peut les recouvrir intérieurement, n'ont jamais donné de bons résultats : d'une part, l'eau prend souvent un mauvais goût de bois, d'autre part, le chlore s'épuise sur les parois et ne stérilise pas l'eau. Des chiffres probants furent fournis à cet égard par M. le Pr Tanon pendant la guerre au laboratoire de la V<sup>e</sup> Armée.

Les cuves en tôle galvanisée ne doivent pas non plus être conseillées ; il faut d'abord attendre 8 jours avant de consommer l'eau que l'on javellise dans ces récipients, afin que se forme la couche d'oxy-chlorure de zinc sans laquelle le chlore agit sur les parois du réservoir et non sur l'eau. De plus, cette patine protectrice n'est pas définitive, car si on laisse le récipient patiné vide, au contact de l'air pendant quelques jours, l'oxychlorure protecteur se transforme, et la remise en service donne des javellisations inopérantes pendant un certain temps par réduction nouvelle du chlore au contact du métal.

Les cuves en ciment sont de beaucoup préférables ; la réduction des hypochlorites y est minime, et l'eau n'y prend aucun goût ; mais elles ne peuvent servir que pour des postes fixes.

Pour les déplacements, on peut utiliser avec avantage le « lister-bag » en toile doublée de caoutchouc, que les Américains utilisèrent avec succès pendant la guerre.

Peut-être faut-il citer les « voitures du Touring-Club du type Buron » également utilisées pendant la guerre, qui se composaient de 2 grands réservoirs dans lesquels on pompait l'eau après clarification dans un filtre à éponge ; l'eau de Javel y était brassée avec l'eau à épurer au moyen d'un appareil à ailettes, mû à la main. On épurait alternativement l'eau de l'un, pendant que l'on javellisait l'autre.

## 2) EPURATION DE L'EAU DÉBITÉE PAR UNE CANALISATION OU UNE POMPE.

Dans ce cas la javellisation exige le réglage du débit de la solution javellisante en proportion du débit des eaux à épurer.

Deux cas sont à envisager, suivant que la canalisation a un débit constant ou un débit variable.

A) *Débit constant.* — C'est le cas le plus général pour les eaux amenées par simple gravité, provenant d'une source ou d'une canalisation pourvue d'un régulateur de distribution.

La méthode consiste à régulariser l'écoulement de la solution de Javel proportionnellement avec le débit des eaux à traiter qui est constant. Il faut d'abord réaliser un écoulement constant et régulier ; le procédé le plus simple consiste dans l'emploi d'un *vase de Mariotte* ; on se sert d'une bonbonne munie d'un tube en verre vertical traversant le bouchon ; ce tube est en communication à son extrémité supérieure avec l'air libre, son extrémité inférieure plongeant dans la bonbonne remplie d'eau de Javel s'arrête à 1 cm. au-dessus de l'ouverture d'un tube de verre horizontal et y établit une pression constante quelque soit la hauteur du liquide dans la bonbonne ; pour obtenir un débit régulier, on munit cette tubulure horizontale d'un robinet ou d'une effilure que l'on règle par tâtonnement.

*Inconvénients.* — Lorsque l'on est obligé de temps à autre de faire le plein de la bonbonne, il faut alors régler de nouveau par tâtonnement l'écoulement du robinet. Les bouchons en caoutchouc n'assurent pas une occlusion parfaite et l'air pénètre dans la bonbonne, ce qui dérègle l'appareil ; enfin le robinet ou l'effilure sont susceptibles de se boucher.

Diénert depuis 15 ans utilise pour la Ville de Paris le système suivant : (La Société auxiliaire des distributions d'eaux S. A. D. E., et la Société eau et assainissement S. E. A. l'utilisent également). C'est le système à 3 vases dit « de Lunéville ».

Il se compose de 3 cuves A, B, C. La cuve A renfermant l'eau de Javel écoule par un tube à angle droit la solution d'hypochlorite dans la cuve B ; un obturateur à pointeau repose au fond d'un tube à essai muni de trous latéraux inférieurs, le tout repose sur un flotteur ; quand le liquide baisse dans la cuve B, le flotteur descend et le pointeau découvre l'orifice du tube d'écoulement ; le liquide s'écoule dans le tube à essai et s'échappe par les trous latéraux ; le flotteur remonte alors, et le pointeau poussé par ce flotteur referme l'orifice ; puis le liquide s'écoule dans la 3<sup>e</sup> cuve C ; le flotteur descend à nouveau et ainsi de suite. Mais l'eau de Javel de la cuve A exerce une pression plus ou moins grande suivant que cette cuve est plus ou moins remplie, ce qui influe sur la régularité de l'écoulement ; c'est pour obvier à cet inconvénient que

l'on fait suivre une 3<sup>e</sup> cuve C identique à la cuve B, et cette cuve C fonctionne alors comme un vase de Mariotte ; de cette cuve C part un tube effilé par où s'écoule l'eau de Javel.

Dans cet appareil le débit est proportionnel à la hauteur mesurant la différence de niveau entre l'orifice de sortie et le plan d'eau, qui, lui, est constant. Pour régler le débit, il suffit donc de modifier la position de l'orifice d'écoulement ; l'appareil de la S. A. D. E., possède un excellent mécanisme régulateur de cet orifice réalisé par un ajutage mobile relié à la cuve au moyen d'un tuyau en caoutchouc pouvant se déplacer le long d'une échelle graduée.

Des tableaux établis en fonction des facteurs qui règlent le débit de l'eau de Javel (débit de l'eau à stériliser, taux de chloration adopté titre en chlore de l'eau de Javel) indiquent immédiatement pour chaque variation de l'un de ces facteurs, la position qu'il faut donner à l'ajutage mobile le long de la règle graduée pour obtenir le débit d'eau de Javel strictement exact.

B) *Débit variable.* — C'est le cas devant lequel on se trouve le plus souvent quand il s'agit d'adduction d'eau par pompe. Il faut pourvoir ces systèmes d'adduction, d'appareils distributeurs d'eau de Javel dont la vitesse d'écoulement se règle automatiquement sur celle de la canalisation, et dont la mise en marche et l'arrêt soient synchrones à la

mise en marche et à l'arrêt de l'eau dans ces canalisations.

Un grand nombre d'appareils réalisent ces indications : la plupart furent mis en pratique pendant la guerre 1914-1918 (appareils de : Orticoni, Piault, Cathoire, Vila, Vienne, Reignard et Salaneuve, Buneau-Varilla, etc...); depuis la guerre on a ceux de la S. E. A., de la Compagnie générale des Eaux et autres...

Nous ne décrivons que les principaux.

*Procédé d'Orticoni.* — En même temps qu'une pompe aspire l'eau à traiter, elle aspire par un tube de verre effilé la quantité d'eau de Javel nécessaire contenue dans une bonbonne agencée en flacon de Mariotte ; le calibre de l'effilure étant calculé de façon à obtenir la quantité d'eau de Javel suffisante à l'épuration de l'eau aspirée.

*L'appareil de Vila* comporte une trompe à eau mise en dérivation sur la canalisation ; cette trompe actionnée par l'eau pompée aspire dans une bonbonne de l'eau de Javel qui se déverse sous l'orifice de la conduite de refoulement dans une caisse à chicanes où elle se mélange avec l'eau à épurer.

*Dans l'appareil de Vienne*, l'aspiration se fait sur un tube capillaire introduit dans la canalisation et dirigé dans le sens du courant, l'écoulement de l'eau de Javel résulte de la succion exercée sur le tube capillaire par l'eau de la conduite.

Ces 2 appareils sont simples, mais ils sont d'un

réglage délicat, et l'aspiration de l'eau de Javel n'est pas toujours exactement proportionnée à la vitesse d'écoulement de l'eau dans la canalisation.

Dans l'*appareil de Reignard et Salaneuve*, la rotation d'une turbine à ailettes mue par le courant d'eau est transmise à un pointeau qui à chaque tour ouvre et ferme l'orifice de distribution d'un réservoir d'eau de Javel ; cet appareil est solide, mais ne fonctionne plus correctement lorsque la vitesse du courant d'eau dans la canalisation est très ralentie ; de plus, l'orifice d'écoulement de l'eau de Javel s'obstrue fréquemment.

*Appareil de Buneau-Varilla.* — Il se branche à la fois sur la conduite d'aspiration et sur la conduite de refoulement d'une moto-pompe ; un tuyau de caoutchouc réunit le tuyau d'aspiration de la moto-pompe à un appareil dit « bifurcateur-trompe » où l'aspiration se bifurque suivant 2 lignes : l'une aboutit à une bonbonne agencée en vase Mariotte et qui contient l'eau de Javel (ce tube d'aspiration de l'eau de Javel possède sur son trajet une effilure qui limite le débit), l'autre aboutit dans un réservoir à air libre, réservoir régulateur, dit « bac d'amorçage et de désamorçage » dans lequel se déverse un tuyau branché sur la conduite de refoulement de la moto-pompe. Ce bac est muni de deux orifices de déversement, l'un de trop-plein situé au-dessus de l'origine du tube qui se rend au bifur-

cateur-trompe, l'autre, de vidange, qui se trouve au-dessous.

Si la pompe s'arrête, le bac cesse d'être alimenté par la conduite de refoulement; il se vide alors rapidement par l'orifice de vidange; le niveau de l'eau baissant, découvre l'origine du tube se rendant au bifurcateur trompe, l'air y pénètre, et l'aspiration de l'eau de Javel est arrêtée immédiatement.

Cet appareil réalise un véritable enclanchement hydraulique entre la pompe et le réservoir de la solution javellisée; cet enclanchement, superposé à l'enclanchement mécanique qui règle l'accès de l'eau dans la dérivation, réalise l'automatisme absolu de l'appareil.

Ce procédé est applicable aux postes où fonctionne une pompe à piston avec conduite d'aspiration et de refoulement; pour un autre système d'adduction d'eau, il faudrait modifier cet appareil; mieux vaut dans ces cas adopter un des autres appareils suivants.

Nous n'insisterons pas sur un appareil construit par la *S. E. A.* et qui s'est montré à l'usage peu sensible et d'un emploi délicat. (Il est constitué par un système de 2 cuves communicantes placées en dérivation sur la canalisation; l'eau pénètre dans la première cuve remplie d'huile de vaseline; en fonction de son débit, elle refoule dans la deuxième cuve remplie d'eau de Javel une certaine quantité d'huile de vaseline, qui à son tour chasse l'hypochlorite dans la canalisation.)

Un autre appareil imaginé par *Guyonnet* est de beaucoup meilleur : une cuve à niveau constant contenant l'eau de Javel possède un ajustage mobile relié à un dispositif de flotteur et de levier actionné par l'eau à javelliser. Quand le niveau de l'eau s'élève, le levier mû par le flotteur, abaisse l'ajutage mobile d'une hauteur proportionnelle à l'élévation du niveau de l'eau.

Enfin, la *Compagnie générale des Eaux*, vient de mettre au point un appareil appelé à rendre de bons services ; voici ses principaux avantages : fonctionnements sûrs grâce à la filtration sur amiante de l'eau de Javel ; dimensions notables (2 mm.) de l'ajutage d'amenée de la solution javellisante dans l'olivette, ce qui assure cet ajustage de toute obstruction ; compteur permettant des mesures fréquentes de débit de la solution, réglage précis de ce débit au moyen de pinces de Mohr à vis.

### Eau de Javel et chlore actif.

Quelques mots nous restent à dire sur la javellisation : ils ont trait à la quantité de chlore actif que peut fournir une eau de Javel ; seules sont désignées actuellement sous le nom d'eau de Javel les solutions d'hypochlorite de soude ; celles-ci contiennent plus ou moins de chlore actif suivant leur concentration ; le titre d'une eau de Javel est désigné en degrés chlorométriques qui indiquent le

nombre de litres de chlore gazeux que peut dégager 1 kilogramme d'eau de Javel.

Exemple : une eau de Javel titrant 10° chlorométriques peut dégager 10 litres de chlore gazeux ; un litre de chlore pesant 3 gr. 164, un kilogramme d'eau de Javel à 10° pourra donc dégager 31 gr. 64 de chlore actif.

La lumière, la chaleur et le  $\text{CO}_2$  de l'air, décomposent rapidement les solutions d'hypochlorite et abaissent leur degré chlorométrique ; cette instabilité est d'autant plus grande, que le degré chlorométrique est plus élevé ; il y aura donc intérêt à n'utiliser que des solutions fraîches, conservées dans des récipients en verre coloré et ne titrant que 10° à 20° chlorométriques au maximum.

Malgré cela, il sera toujours nécessaire de vérifier le titre de toute solution avant son usage.

### **Peroxyde de chlore.**

#### **Chlore liquide et chloration.**

Nous n'avons parlé jusqu'ici que de l'action du chlore et de son emploi au moyen de l'eau de Javel.

L'on peut tout aussi bien purifier une eau avec du *chlorure de chaux* (l'armée l'utilise en comprimés dosés, pour l'épuration de l'eau des troupes en campagne), mais le chlorure de chaux est très hygroscopique ; sa dissolution est souvent incomplète ; il ne présente comparativement à l'eau de Javel que des inconvénients.

Le *peroxyde de chlore* peut être également employé ; il a un gros avantage sur l'eau de Javel car il ne modifie pas les qualités organoleptiques de l'eau et ne laisse subsister aucun mauvais goût ; mais malheureusement, ses solutions s'altèrent très rapidement, et surtout sa préparation et son emploi peuvent présenter quelques dangers.

C'est surtout le *chlore à l'état liquide ou gazeux*, qui peut concurrencer avantageusement l'eau de Javel ; ce procédé est très utilisé en Amérique sous le nom de *chloration*. On l'emploie souvent liquéfié sous pression (conservé dans des obus métalliques) et on le retransforme en gaz par simple détente au moment de l'utiliser.

*Avantages sur l'eau de Javel.* — Il est moins encombrant ; il se conserve mieux et plus longtemps sans s'altérer ; c'est un produit très pur qui assainit l'eau sans lui apporter de substances étrangères.

*Inconvénients.* — Les installations et les prix de revient de la stérilisation par le chlore gazeux sont plus coûteux, et surtout le chlore exige l'emploi de cylindres métalliques qui à la longue, se piquent et peuvent provoquer par leurs fuites de chlore des accidents très graves.

## *L'assainissement de l'eau dans les casernes.*

En général, les casernes militaires n'existent que dans des villes de certaine importance ; or, toute ville à l'heure actuelle possède un approvisionnement en eau très surveillé. Les troupes étant généralement soumises au régime des eaux des localités où elles tiennent garnison, il s'ensuit que dans la plupart des cas, la question de l'assainissement de l'eau ne se pose pas pour ces collectivités militaires.

Qu'elles soient alimentées par de l'eau de source, de l'eau de rivière ou de fleuve, c'est au service des eaux de l'administration civile à établir et entretenir la captation, l'épuration et la surveillance de l'eau.

Cependant, le règlement sur le service de l'armée à l'intérieur, a prescrit (Notice n° 35) de constituer pour chacune des eaux potables utilisées dans les garnisons, un dossier constamment tenu à jour par les médecins, qui enregistre toutes les modifications apportées ou survenues dans le service des eaux.

Ce dossier renferme principalement :

1° Le résultat de l'enquête locale ; 2° l'étude des

caractères physiques et organoleptiques ; 3° les résultats des diverses analyses chimiques et bactériologiques ; 4° les relations des épidémies devant être rattachées à l'eau, leurs causes et leur pathogénie.

Le \*règlement prescrit en outre aux médecins militaires des casernes, de procéder au moins 2 fois par an à un prélèvement de l'eau utilisée et de l'envoyer au laboratoire aux fins d'analyse bactériologique de contrôle.

La question de l'assainissement de l'eau dans les casernes se borne donc pour la plupart d'entre elles à une surveillance des services d'eaux civils dont elles dépendent.

Aux termes des articles 9 et 10 de la loi du 15 février 1902 sur la protection de la santé publique, les municipalités sont tenues aujourd'hui d'assurer dans les meilleures conditions l'alimentation des habitants en eau potable ; on peut donc les mettre en demeure d'obtempérer à la loi ; mais il est des cas où la pénurie régionale, l'insuffisance des ressources budgétaires et la complexité des travaux à effectuer, rendent l'adduction d'eau de source bien difficile sinon impossible. Le ministre de la Guerre a le droit, dans ce cas, d'ordonner le retrait temporaire ou définitif des troupes dans les garnisons où le régime des eaux est par trop défectueux ; mais au lieu d'en venir à cette mesure extrême, l'on se doit de résoudre la difficulté, d'une part, par l'installation d'une double canalisation,

d'autre part et surtout, par l'épuration des eaux distribuées ; en effet, avec les procédés simples et peu coûteux d'épuration de l'eau que l'on possède aujourd'hui, il est logique, facile et pratique de procéder à la purification de toute eau lorsque l'on a le moindre doute sur sa pureté absolue.

Plusieurs cas sont donc à envisager dans les casernes :

1<sup>o</sup> La caserne est alimentée par l'eau de la ville, et cette eau est bonne : l'on exerce alors seulement une surveillance de contrôle ;

2<sup>o</sup> La caserne est alimentée par l'eau de la ville, et celle ci est mauvaise : ce cas n'existe pas en principe ; cependant, il peut survenir provisoirement, si, par suite d'accident, il arrive que des modifications s'imposent dans le service des eaux et qu'on est obligé de substituer éventuellement de l'eau douteuse à l'eau de bonne qualité. Dans ce cas, le règlement sur le Service de Santé prescrit aux Commandants d'armes de s'entendre avec les autorités locales pour être informés en temps utile de ces éventualités, afin de pouvoir prendre immédiatement les mesures préventives qui conviennent.

De même, lorsqu'un ensemble de symptômes morbides sont constatés chez les hommes qui se présentent à la visite et peut conduire le médecin à suspecter la qualité de l'eau de boisson, et redouter une contamination accidentelle, celui-ci doit, pour enrayer une épidémie éventuelle, provoquer de la part du Commandant d'armes les ordres nécessaires

pour que les robinets et pompes soient condamnés et que les hommes ne consomment plus que de l'eau bouillie aromatisée avec du thé pour la rendre acceptable.

En effet, dans ces cas l'ébullition est le moyen prescrit par le Service de Santé dans les corps de troupe, moyen seulement temporaire mais qui a fait doter chaque chef-lieu de corps d'armée et les hôpitaux régionaux d'appareils nécessaires à l'ébullition de l'eau, à son refroidissement, et à sa mise en distribution. De grands bouilleurs (système François Vaillant) ont été spécialement adoptés à cet effet ; mais ces appareils suscitent de gros inconvénients : temps très long nécessaire à l'ébullition et au refroidissement de l'eau ; de plus, celle-ci subit une grande spoliation calcaire et gazeuse qui la rend lourde, plate, peu sapide et indigeste. Ce procédé est peu pratique et coûteux ; mieux vaudrait l'abandonner et utiliser l'un des procédés suivants :

a) Si la caserne contient peu d'hommes, 200 à 400 par exemple, l'on aurait intérêt à purifier l'eau (pendant cette période provisoire qui ne peut durer bien longtemps) par un petit procédé chimique tel que le permanganate de K par exemple. On pourrait utiliser dans ce cas le procédé Lambert avec ses 2 poudres, grise et blanche, et clarifier l'eau sur filtre Garret dont le débit est suffisamment important pour un petit effectif (500 litres à l'heure).

b) Si la caserne contient de 500 à 2.000 hommes, ce procédé devient moins commode, même pen-

dant quelques jours. Il nous paraît que dans ce cas l'on pourrait utiliser avec avantage la javellisation dans des cuves en ciment, ou dans des voitures du type Buron, et l'on pourrait doter chaque caserne d'une de ces voitures.

3<sup>e</sup> La caserne n'est pas alimentée par l'eau de la ville ; c'est le cas le moins fréquent. L'on peut alors envisager la captation d'une eau de source ; mais ceci ne va pas sans de grosses dépenses et de coûteuses installations, et le plus souvent, l'on se trouve obligé d'utiliser et d'épurer une eau douteuse provenant d'une rivière, d'un fleuve, d'un étang, ou d'un terrain calcaire fissuraire. Même si l'on peut se procurer une eau de source, celle ci peut ne pas présenter toutes les qualités requises pour être livrée à la consommation sans une épuration préalable, car il est bien établi maintenant, que la provenance d'une eau ne peut fournir que des présomptions sur sa valeur hygiénique réelle ; pour l'apprécier comme il convient, il faut se livrer à une étude minutieuse et prolongée, comportant des expertises diverses et répétées ; une eau bonne aujourd'hui pouvant être mauvaise demain si elle est exposée à des contaminations accidentelles.

Donc, si l'on se trouve dans l'obligation d'épurer une eau pour son emploi dans une caserne, quel procédé devra-t-on choisir de préférence ?

La circulaire du 12 janvier 1901 ordonnait dans ce cas l'emploi dans les casernes du filtre Chamberland ; nous avons vu précédemment quels étaient les

nombreux désavantages de ces filtres et les accidents auxquels on s'exposait en les utilisant si l'on ne pouvait exercer une surveillance excessivement minutieuse et impossible à obtenir avec des soldats.

D'ailleurs, la circulaire du 28 janvier 1909 supprime l'emploi de ces filtres et ordonne leur remplacement par des filtres à sable non submergé du type Miquel et Mouchet. Ce procédé nous paraît encore préférable à l'heure actuelle ; en effet, il est efficace et d'un fonctionnement simple ; il n'exige pas d'installations encombrantes et il possède un débit considérable (3.000 à 6.000 litres d'eau par m<sup>2</sup> et par jour) très suffisant pour une caserne comprenant un effectif moyen de 200 à 2.000 hommes. De plus, il dure très longtemps (2 ans en moyenne) sans qu'il soit nécessaire d'y toucher. Il exige très peu de surveillance (éviter que le filtre ne se submerge) ; il a surtout l'avantage de n'être pas coûteux, ni comme installation, ni comme entretien, et l'eau épurée n'exige presque pas de dépense.

Il est à la portée des soldats et comme le dit M. le professeur Pilod « c'est le vrai filtre de caserne » que jusqu'à maintenant, on ne saurait remplacer avantageusement par un autre procédé.

## *L'assainissement de l'eau de boisson dans les camps*

Dans les camps militaires, la question de l'eau potable se présente en général sous un autre angle :

La majorité des camps d'instruction et de manœuvres, sont situés dans des régions impropres à l'agriculture par suite de l'ingratitude de leur terrain sableux ou calcaire. Ce sont le plus souvent de grandes étendues défavorisées au point de vue hydrologique, et où une extension des villes et villages se serait heurtée à de grosses difficultés d'aménagements ; c'est souvent d'ailleurs pour ces raisons que l'on en a fait des camps d'instruction pour militaires.

Un camp n'est occupé que pendant la belle saison, au moment des chaleurs ; il groupe soudainement pendant quelques mois de 10.000 à 30.000 hommes, auxquels il faut assurer une eau strictement épurée, sous peine de se trouver en face de terribles épidémies (fièvre typhoïde, dysenterie, etc...) La question de l'eau potable est donc épineuse, et demande à être résolue impeccablement.

L'eau que l'on peut utiliser provient le plus souvent de rivières, de puits, ou de sources impures (résurgences ou sources provenant de terrains fissurés). Souvent l'on se trouve donc obligé d'utiliser une eau souillée ou tout au moins douteuse ; il faudra donc l'épurer, et pour cela, employer un procédé simple et peu coûteux, qui puisse donner par jour de 1000 à 5000 m<sup>3</sup> d'une eau pure, fraîche, non modifiée dans ses qualités chimiques et organoleptiques.

Trois procédés peuvent réaliser ces conditions : les *U.-V.* ; *l'ozone* ; *le chlore*.

Mais l'épuration par les *U.-V.* se heurte à diverses difficultés : il faut une eau limpide nécessitant une clarification préalable ce qui entraîne à de très grosses installations ; les lampes émettrices sont fragiles, et surtout la méthode est onéreuse.

Ce procédé moderne, ne sera susceptible d'être appliqué dans l'Armée, que lorsque ces principaux inconvénients auront été supprimés.

*L'ozone* nécessite également une eau très pure exigeant une filtration préalable ; l'installation d'une usine d'ozonation est d'une entreprise coûteuse ; son fonctionnement est également très onéreux : 1 m<sup>3</sup> d'eau épurée par l'ozone revient à 0 fr.05 centimes ce qui est manifestement trop cher surtout pour l'Armée. De plus, l'appareillage est délicat et exige une surveillance continue, devant être exercée par un personnel d'ingénieurs et de contre-maîtres spécialisés. Enfin, l'épuration par l'ozone

a provoqué de fréquents déboires (par exemple l'épidémie de F. typhoïde survenue en mai 1923 au camp d'aviation maritime de Berre).

C'est pourquoi nous préférons le mode d'épuration, d'ailleurs le plus utilisé à l'heure actuelle dans les camps : *la javellisation automatique*.

On devra donc établir dans les camps une installation fixe de javellisation avec un appareil de précision ; la nature de cet appareil, son organisation et son fonctionnement devront être réalisés par le service du génie ; le choix du procédé et le contrôle chimique et bactériologique seront assurés par le service de santé, de même que le système d'adduction et de distribution des eaux.

Il faudra également tenir compte des conditions de fonctionnement, des facilités de surveillance et d'entretien, et de la qualité du personnel chargé de la conduite des opérations.

Le taux de la chloration dépendra de la nature des eaux à traiter, et devra être déterminé par une série d'analyses.

L'importance des effectifs étant susceptible de grandes variations, la capacité des réservoirs de distribution devra être calculée sur la consommation journalière possible maximum. En période d'occupation minima, ces réservoirs devront toujours être maintenus en charge, et il faudra prendre ses dispositions pour que l'eau javellisée soit consommée dans les 24 heures au plus tard ; on devra donc envisager la dépendance des secteurs de distribution.

Enfin et surtout, on se devra de ne livrer à la consommation qu'une eau épurée d'une façon efficace, ayant subie après un temps de contact suffisant, une javellisation suffisante, et ne contenant aucun excès de chlore susceptible de lui donner un mauvais goût qui ferait rejeter son emploi par le soldat.

## *Conclusions*

Les filtres à sable non submergé du type Miquel et Mouchet peuvent rendre de grands services, pour l'épuration de l'eau dans les casernes dépourvues d'un approvisionnement d'eau par les services civils. Ils ne sauraient être appliqués avec bonheur dans les camps militaires qui groupent un très grand nombre d'individus.

Dans ces camps, le meilleur procédé à utiliser paraît être à l'heure actuelle la javellisation.

Peut-être même dans les casernes sera-t-on amené un jour prochain à adopter ce mode d'épuration, non pas parce qu'il offre une sécurité absolue de tous les instants, mais parce que jusqu'à présent, c'est celui des procédés d'épuration qui réunit au maximum l'ensemble des qualités requises : efficacité, simplicité, prix de revient modique.

Cependant la javellisation n'a pas toujours donné partout les brillants résultats que l'on attendait d'elle, et de nombreux déboires lui sont imputables.

C'est une méthode précieuse, mais elle demande à être appliquée convenablement. Utilisée suivant

des règles précises, elle assure à l'eau traitée une épuration excellente à tous les points de vue.

Elle a pour principaux avantages sur l'ozone et les U.-V., procédés également efficaces, de nécessiter des installations plus simples et beaucoup moins coûteuses, des appareils moins encombrants et d'un fonctionnement plus facile; de plus, l'eau épurée par l'eau de Javel ne revient qu'à 0 fr. 005 lé m<sup>3</sup>.

C'est le seul procédé efficace, qui fournit une eau saine à ce prix modique.

C'est une méthode applicable dans tous les cas à tous les besoins (gros ou petit débit, installations fixes ou temporaires, moyens de fortune) et qui justifie l'extension qu'elle a pris depuis 15 ans.

Mais ainsi que le dit M. le Dr Cristau :

« Il ne faudrait pas s'abuser sur la simplicité de ses méthodes. Elles comportent en général un réglage des appareils, une surveillance et des contrôles qui exigent un personnel averti. Quoique simples, les opérations demeurent soumises à des règles très strictes, qui sont le choix et la détermination au moins approximative de la qualité des eaux à épurer, une adaptation plus ou moins précise des taux de chloration, le titrage et le dosage rigoureux des solutions d'hypochlorite. En un mot, la technique est sinon compliquée, du moins délicate...

De ce fait, la javellisation ne saurait être pratiquée à la légère et au hasard. On ne saurait sans de

sérieux inconvénients méconnaître les principes ou les techniques qui règlent les conditions de son application et qui en déterminent éventuellement les contre-indications ».

Vu : le Président de la thèse,  
L. TANON.

Vu : le Doyen,  
BALTHAZARD.

Vu et permis d'imprimer :  
Le Recteur de l'Académie de Paris,  
S. CHARLÉTY.

## Bibliographie

- Arbinet.* — La javellisation des eaux en campagne (Revue d'Hygiène, février 1917).
- Bartow et Legendre.* — La chloration (Revue d'Hygiène, janvier 1918).
- Bastouil.* — Ionisation. Thèse Toulouse, 1920.
- Bergé.* — Purification et stérilisation des eaux d'alimentation (Extrait 3<sup>e</sup> fascicule. Ann. des Trav. Publ. de Belgique).
- Bonjean.* — Emploi des eaux de Javel dans la stérilisation des eaux (Rev. d'Hyg., juin 1915).
- Bourdinière.* — Les installations d'eau potable au front (Rev. d'Hyg., août 1918).
- Buneau-Varilla.* — L'auto-javellisation imperceptible Paris, Imprimerie Baillière, 1926.
- Cathoire.* — Appareil de javellisation automatique pour l'épuration des eaux de boisson (Rev. d'Hyg., 1917, p. 487).
- Cathoire et Bru.* — Etude sur la javellisation des eaux de boisson en campagne (Rev. d'Hyg., août 1916).
- Cavalié.* — Procédés actuels d'épuration urbaine des eaux potables; filtres à sable avec dégrossisseurs et préfiltres (syst. Puech-Chabal). Thèse Toulouse, 1915.
- Cayrel, Massy, Piault et Vila.* — Contribution à l'étude

des procédés de javellisation des eaux (Annales d'Hygiène, janvier 1917).

*Cazamian.* — Hygiène et Prophylaxie dans la marine de combat. Vigot, Paris, 1932.

*Chaussier.* — Etude comparative des procédés de stérilisation de l'eau employés aux armées. Thèse Paris, 1920.

*Chevallier.* — Epuration chimique des eaux de boisson. Thèse Toulouse, 1920.

*Courmont.* — Précis d'Hygiène.

*Cristau.* — Note sur l'épuration des eaux de boisson par la javellisation et sur ses applications dans le milieu militaire (travail inédit).

*Daniel.* — De la stérilisation des eaux pour les armées en campagne. Thèse Montpellier, 1916.

*Diénert.* — Stérilisation des eaux par l'ozone, les rayons U.-V. et la javellisation (Compte rendu du XV<sup>e</sup> Congrès International d'Hygiène, 1912).

— Nouveaux perfectionnements dans la javellisation des eaux (Technique sanitaire et municipale, février 1917).

— Le Test de chlore (Annales d'hygiène, 1927).

*Dopter.* — Epuration des eaux en campagne (Annales d'Hygiène, 1914).

*Dopter et Rouquette.* — Epuration des eaux d'alimentation publique par les composés oxychlorés (Paris Médical, août 1912).

*Ferraud.* — Modifications à la méthode de stérilisation par l'hypochlorite de soude (Compte rendu à l'Académie des Sciences, 20 mars 1916).

*Giraud.* — De l'épuration de l'eau de boisson en campagne. La javellisation. Thèse Lyon, 1919.

- Grossheintz.* — Pour javelliser une conduite d'eau (Rev. d'Hyg., février 1916).
- Guillerd.* — Purification de l'eau en vacances (Rev. d'Hyg., août 1929).
- Hermann.* — La javellisation à faibles doses de réactif. Thèse Paris, 1917.
- Huart.* — Stérilisation des eaux potables par le chlore. Thèse Lille, 1918.
- Imbeaux.* — Efficacité du traitement au chlore des eaux de Chicago. Doses à employer (Rev. d'Hyg., avril 1931).
- Martel.* — La guerre et l'eau potable (Rev. d'Hyg., avril 1915).
- Nogier.* — Stérilisation des eaux par les U.-V. Imprimerie Guillermot, Boulogne-sur-Seine, 1912.
- Orticoni.* — Dispositif pour javellisation continue à gros débit (Rev. d'Hyg., décembre 1916).
- Orticoni et Nepveux.* — De l'influence des moyens mécaniques de brassage sur la javellisation des eaux de boisson (Rev. d'Hyg., mars 1917).
- Pecker.* — Sur l'épuration des eaux potables par le chlore. Indice de chlôre des eaux. Imprimerie Dessaint, Coulommiers, 1921.
- La javellisation des eaux de boisson (Archives de Méd. et de Ph. Mil., 1923).
- Perret.* — Thèse Pharmacie, Lille, 1914.
- Pilod.* — L'eau d'alimentation (Cours d'hygiène à l'Ecole d'application du S. de S. du Val-de-Grâce).
- Riccardi.* — Ozonation. Thèse Montpellier, 1924.
- Rieux.* — La javellisation aux armées pendant la guerre (Bull. de l'Académie de Méd., 10 juin 1919).
- Riol.* — L'eau d'un Corps d'Armée. Thèse Paris, 1917.

*Rouget et Dopter.* — Traité d'hygiène militaire.

*Rouquette.* — La stérilisation des eaux par chloration.

Imprimerie marseillaise, Marseille, 1923.

*Sivade.* — Sur un nouvel appareil pour la stérilisation  
des eaux par les hypochlorites (Rev. d'Hyg.,  
janvier 1930).

*Tanon.* — Traité d'Hygiène. Maloine, éditeur.

*Téhouegres.* — Paris Médical, 21 juin 1925.

— Mouvement sanitaire, 30 juin 1928.

— Rev. d'Hyg., juin 1929, p. 393 et suiv.

*Vergnoux.* — Stérilisation rapide de l'eau par les troupes  
en campagne (Rev. d'Hyg., juin 1915).

*Vila.* — L'eau potable au front (Rev. d'Hyg., 1917).

*Ministère de la Guerre.* — B. O., Notice n° 35.



